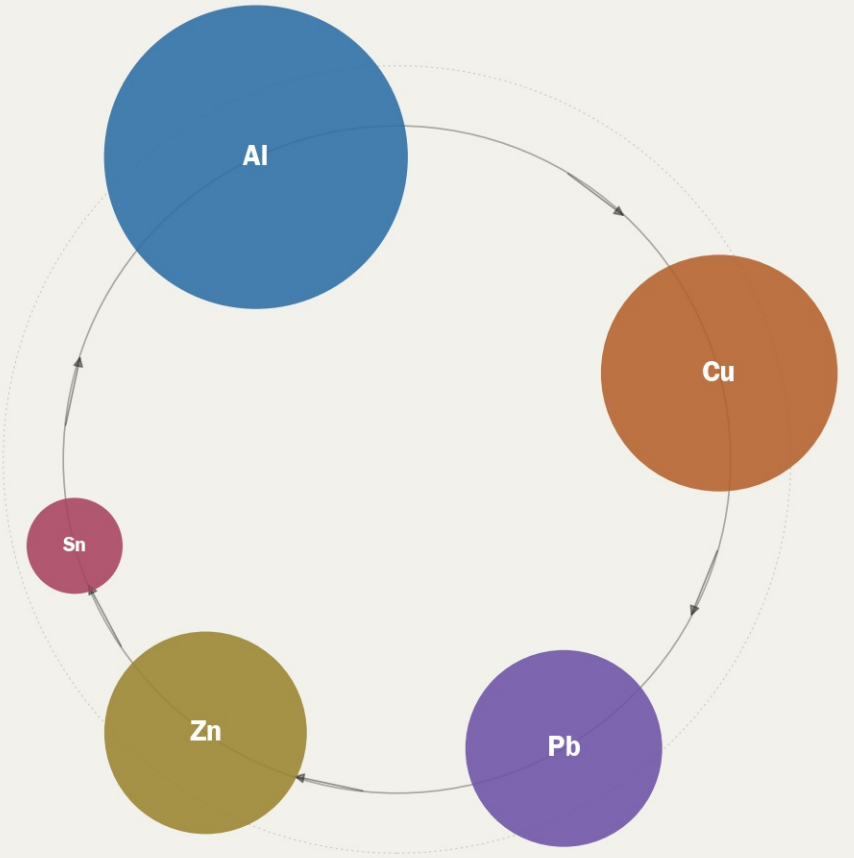
IGMNiR
Economic Chamber of Non-Ferrous Metals and Recycling



Koła: metale wtórne wyprodukowane w Polsce w 2024 r. (pole ∝ tony)

RAPORT IGMNIR · LISTOPAD 2026

Znaczenie recyklingu złomu metali nieżelaznych dla gospodarki Polski

Zintegrowany model korzyści ekonomicznych, środowiskowych i strategicznych (NF-REC-PL v1.3)

O raporcie. Raport przygotowała Izba Gospodarcza Metali Nieżelaznych i Recyklingu (IGMNiR). Przedstawia model NF-REC-PL – zintegrowane narzędzie szacowania wkładu ekonomicznego, środowiskowego i strategicznego przedsiębiorstw recyklingu złomu metali nieżelaznych w gospodarkę Polski. W aneksach zestawiono wszystkie parametry i źródła; kod modelu i dane wejściowe są dostępne w IGMNiR na życzenie. Raport przygotowano z wykorzystaniem narzędzi sztucznej inteligencji (AI) do przetwarzania danych, modelowania i redakcji tekstu.

Stan danych: statystyka – 31 października 2026 r.; stan prawny i regulacyjny – 4 listopada 2026 r. **Rok bazowy:** 2024 (ostatni rok z kompletną statystyką strukturalną przedsiębiorstw i statystyką odpadów); dane handlowe do 2025 r. **Waluta:** EUR, ceny bieżące (średni kurs EUR/PLN 2024 r.: 4,3058, Eurostat). **Wersja modelu:** NF-REC-PL v1.3 (identyfikator przebiegu NFRECPL-1.3-153C411685; ziarno losowania 20261118); pakiet modelu – kod, dane wejściowe, konfiguracja scenariuszy i testy kontrolne – jest archiwizowany przez IGMNiR. **Sugerowany sposób cytowania:** IGMNiR (2026), *Znaczenie recyklingu złomu metali nieżelaznych dla gospodarki Polski. Zintegrowany model korzyści NF-REC-PL*, Izba Gospodarcza Metali Nieżelaznych i Recyklingu, listopad 2026.

Spis treści

Najważniejsze wnioski....3
01 Wprowadzenie....5
02 Kontekst regulacyjny....7
03 Branża recyklingu złomu metali nieżelaznych w Polsce....9
04 Metodyka: model NF-REC-PL....13
05 Wkład ekonomiczny....17
06 Wpływ środowiskowy....20
07 Wartość strategiczna....23
08 Niepewność i wrażliwość....26
09 Scenariusze do 2030 i 2035 r....28
10 Wnioski i rekomendacje....29
A Źródła danych i ich wiarygodność....30
B Parametry modelu....31
C Zweryfikowane instalacje....33
D Granice systemu i słownik....34
Bibliografia....35

Najważniejsze wnioski

Przedsiębiorstwa zbiórki, handlu, przygotowania i wtórnego przetopu złomu metali nieżelaznych wspierały w Polsce w 2024 r. około 1,03 mld EUR wartości dodanej brutto (łącznie z dostawcami) i około 17,0 tys. osób zatrudnionych. W modelu porównującym odzyskany metal z produkcją pierwotną wykorzystanie złomu zebranego w Polsce odpowiada potencjalnemu uniknięciu około 3,26 mln t CO_2e w łańcuchach dostaw, przeważnie poza Polską, przy założeniu pełnej substytucji 1:1. Nie oznacza to dodatkowej redukcji krajowych emisji, a niepewność obejmuje istotne wybory definicyjne i rynkowe.

RYSUNEK 1 **Wkład recyklingu złomu MN w Polsce w skrócie**



Wartości centralne dla 2024 r.; w nawiasach P5–P95 z 10 000 losowań Monte Carlo. Zakres rozszerzony: zbiórka, handel, przetwarzanie i hutnictwo wtórne. GHG i energia: szacunki warunkowe oparte na substytucji, głównie poza Polską. Źródło: IGMNiR NF-REC-PL v1.3.

SIEDEM WNIOSKÓW

- **Wkład ekonomiczny.** Bezpośrednia wartość dodana brutto (WDB) branży w zakresie rozszerzonym wynosi 584 mln EUR (pasmo 90%: 514–677). Z krajowymi łańcuchami dostaw (typ I) – 1 026 mln EUR, a z wydatkami gospodarstw domowych (typ II) – 1 155 mln EUR. Każde euro WDB w branży utrzymuje dodatkowo 0,76 EUR u polskich dostawców.
- **Miejsca pracy.** Bezpośrednio w zbiórce, handlu, przetwarzaniu złomu MN i hutnictwie wtórnym pracuje ok. 8 715 osób (pasmo 6 508–11 418); z dostawcami – 17 033, a z efektem indukowanym – 19 831 osób. Są to wielkości brutto; na napiętym rynku pracy część tych osób znalazłaby inne zatrudnienie.
- **Finanse publiczne.** Podatki i składki od pracy, podatek CIT oraz podatki netto od produkcji związane z branżą i jej łańcuchem dostaw wynoszą ok. 274 mln EUR rocznie (1,18 mld zł).
- **Klimat.** Metal odzyskany ze złomu zebranego w Polsce przyczynia się do uniknięcia ok. 3,3 mln t CO_2e rocznie w porównaniu z metalem pierwotnym – szacunek warunkowy, oparty na substytucji (pasmo 90%: 2,4–4,5 mln t), głównie w hutach pierwotnych za granicą; aluminium odpowiada za 95%. W alternatywnej perspektywie przetopu (niesumowalnej z powyższą) metal przetopiony w Polsce pozwala uniknąć 2,66 mln t, w tym 0,61 mln t ze złomu zebranego w Polsce. Umowna wartość uniknietych emisji to 211–538 mln EUR (od ceny EU ETS do cienia ceny emisji EBI).
- **Energia i zasoby.** Recykling oszczędza ok. 63 PJ energii pierwotnej rocznie (równowartość ≈18 TWh energii, a nie energii elektrycznej) i pozwala uniknąć ok. 0,62 mln t czerwonego szlamu, wytwarzając jednocześnie ok. 0,33 mln t żużla solnego i żużla Waelz wymagających zagospodarowania.

- **Bezpieczeństwo dostaw.** Produkcja aluminium wtórnego odpowiada 38% pozornego zużycia aluminium w Polsce – kraju bez huty pierwotnej; miedź i stopy miedzi wytwarzane ze złomu odpowiadają 23% produkcji miedzi rafinowanej w Polsce. Szacunkowa marża przetwórcza krajowego przetopu – hipotetyczny rachunek handlowy: wartość metalu pomniejszona o wartość rynkową zużytego złomu i nakładów importowanych – wynosi ok. 258 mln EUR rocznie.
- **Potencjał wzrostu.** Wzrost zbiórki i zapowiedziane już inwestycje – program złomowy KGHM oraz modernizacje zakładów przetopu aluminium (scenariusz S1, 2030) – dodałyby ok. 85 mln EUR WDB i 1 067 miejsc pracy z łańcuchem dostaw. Główną dźwignią klimatyczną jest zbieranie i sortowanie złomu, który dziś jest tracony: każda dodatkowa tona tak odzyskanego aluminium zastępuje metal pierwotny o śladzie wyższym o ok. 9,2 t CO_2e (unijny mix konsumpcji; mniej w miarę dekarbonizacji produkcji pierwotnej).

TABELA 1 Główne wyniki: wartość centralna i 90-procentowe pasmo niepewności parametrów

Wskaźnik (2024)	Centralna	P5	P50	P95	Jednostka
Bezpośrednia WDB – zakres podstawowy	374	304	375	447	mln EUR
Bezpośrednia WDB – zakres rozszerzony	584	514	595	677	mln EUR
WDB z łańcuchem dostaw (typ I)	1 026	900	1 043	1 187	mln EUR
WDB z efektem indukowanym (typ II)	1 155	1 010	1 174	1 340	mln EUR
Zatrudnienie bezpośrednie	8 715	6 508	8 912	11 418	osoby
Miejsca pracy z łańcuchem dostaw	17 033	13 835	17 320	21 057	osoby
Miejsca pracy z efektem indukowanym	19 831	16 164	20 173	24 453	osoby
Wpływy fiskalne	274	239	279	322	mln EUR
Uniknięte GHG – według zbiórki	3,26	2,44	3,38	4,52	mln t CO_2e
Uniknięte GHG – przetop w Polsce	2,66	1,99	2,75	3,69	mln t CO_2e
Zaoszczędzona energia pierwotna	63	55	63	71	PJ
Umowna wartość emisji, cena EU ETS	211	160	224	302	mln EUR
Umowna wartość emisji, cień ceny EBI	538	409	607	884	mln EUR
Wartość brutto metalu wtórnego	2 272	2 099	2 285	2 473	mln EUR
Szacunkowa marża przetwórcza (FX)	258	189	262	335	mln EUR

Źródło: IGMNiR NF-REC-PL v1.3; Monte Carlo 10 000 losowań z kopułą Gaussa. Zakres rozszerzony = zbiórka, handel, przetwarzanie i hutnictwo wtórne. WDB, miejsca pracy i podatki to wkład brutto. Uniknięte emisje GHG i energia to szacunki metodą uniknięte obciążenia (substytucji): różnica śladu „od kołyski do bramy" drogi pierwotnej i wtórnej zastosowana do odzyskanego metalu przy substytucji 1:1; powstają głównie poza Polską i nie obniżają krajowej inwentaryzacji. Dwie perspektywy GHG są alternatywne i nie sumują się.

01 Wprowadzenie

Aluminium, miedź, ołów, cynk i cynę można wielokrotnie poddawać recyklingowi bez utraty właściwości. Ich recykling wymaga ułamka energii potrzebnej w produkcji pierwotnej i pozwala uniknąć wydobycia, przeróbki rud, a w przypadku aluminium – elektrolizy, która dominuje w śladzie węglowym sektora. W kraju takim jak Polska, w którym od 2009 r. nie działa żadna huta aluminium pierwotnego[1], a większość koncentratu cynku pochodzi z importu, branża recyklingu pełni rolę krajowej „kopalni miejskiej".

Mimo to wkład recyklerów złomu metali nieżelaznych w polską gospodarkę nigdy nie został zmierzony. Statystyka publiczna ukrywa branżę w szerszych kategoriach – gospodarce odpadami, handlu hurtowym i produkcji metali. Debata o eksporcie złomu, cenach energii dla przetapiaczy czy wdrażaniu rozporządzenia o surowcach krytycznych toczy się więc bez liczb. Niniejszy raport wypełnia tę lukę.

1.1 Pytania badawcze

01 Jak duża jest branża recyklingu złomu metali nieżelaznych w Polsce – pod względem liczby przedsiębiorstw, pracujących, przychodów i wartości dodanej – i gdzie jest zlokalizowana?

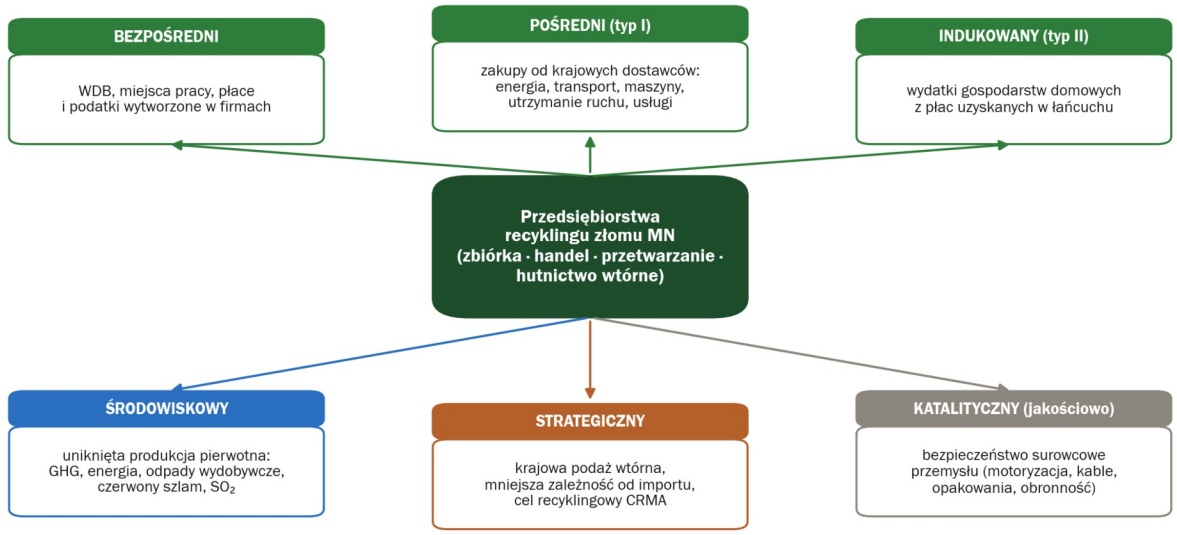
02 Jaką aktywność gospodarczą generuje w pozostałej części gospodarki poprzez zakupy i wydatki zatrudnionych?

03 Ile emisji gazów cieplarnianych i energii pozwala zaoszczędzić w porównaniu z produkcją metali pierwotnych?

04 Jaka jest jej wartość strategiczna dla zaopatrzenia Polski w aluminium, miedź, ołów, cynk i cynę oraz dla celów UE wynikających z rozporządzenia o surowcach krytycznych?

05 Jak te korzyści mogą się zmienić do 2030 i 2035 r. w różnych warunkach rynkowych i regulacyjnych?

RYSUNEK 2 **Kanały oddziaływania analizowane w raporcie**



Kwantyfikowane w raporcie: efekty bezpośrednie, pośrednie, indukowane, środowiskowe i strategiczne. Efekty katalityczne opisano jakościowo, bez sumowania (unikanie podwójnego liczenia).

[1] Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, portal „Gospodarka surowcami – aluminium"; elektrolizę Huty Aluminium Konin zamknięto w 2009 r.

1.2 Struktura raportu

Rozdział 2 przedstawia kontekst regulacyjny. Rozdział 3 opisuje branżę na podstawie statystyki publicznej, map i przepływów handlowych. Rozdział 4 objaśnia model NF-REC-PL. Rozdziały 5–7 prezentują wyniki ekonomiczne, środowiskowe i strategiczne; rozdział 8 – analizę niepewności, a rozdział 9 – scenariusze do 2035 r. Rozdział 10 zawiera wnioski dla polityki gospodarczej. Aneksy dokumentują dane, parametry, instalacje, granice systemu i słownik.

02 Kontekst regulacyjny

Od 2024 r. UE przeniosła surowce wtórne z polityki odpadowej do polityki przemysłowej i bezpieczeństwa. Aluminium i miedź są obecnie **surowcami strategicznymi** w rozumieniu rozporządzenia o surowcach krytycznych (CRMA), które wyznacza wskaźnik, zgodnie z którym moce recyklingowe UE powinny do 2030 r. pokrywać co najmniej 25% rocznego zużycia surowców strategicznych.[2] Cynk, ołów i cyna nie znajdują się ani na liście strategicznej, ani krytycznej, choć są niezbędne dla akumulatorów, cynkowania i elektroniki.

TABELA 2 **Instrumenty UE i Polski istotne dla recyklingu złomu MN (stan na 4 listopada 2026 r.)**

Instrument	Znaczenie dla recyklingu MN	Status
Rozporządzenie CRMA (UE) 2024/1252	Al i Cu strategiczne; wskaźniki 2030: 10% wydobycia, 40% przetwórstwa, 25% recyklingu, maks. 65% z jednego państwa trzeciego	Obowiązuje od 23.5.2024
Projekty strategiczne CRMA (Polska)	Elemental POLVOLT – recykling baterii (1. lista, 25.3.2025); Zintegrowana Huta Recyklingowa KGHM Legnica (2. lista, decyzja KE z 9.10.2026)	Przyjęte
Plan RESourceEU	Surowce wtórne; zapowiedź ukierunkowanego środka dot. złomu aluminium	Komunikat, 3.12.2025
Clean Industrial Deal – COM(2025) 85	24% obiegu zamkniętego materiałów do 2030 r.; projekt aktu o gospodarce o obiegu zamkniętym oczekiwany w IV kw. 2026 r. (utrata statusu odpadu, rewizja WEEE)	Komunikat
Plan działania dla stali i metali – COM(2025) 125	Rozważenie środków handlowych dla dostępności złomu; rynki niskoemisyjne	Komunikat
Nadzór celny nad złomem metali	Monitoring importu i eksportu złomu stali, aluminium i miedzi	Od 23.7.2025
Środek dot. eksportu złomu Al	Rezygnacja z cła (IX 2026); w przygotowaniu akt delegowany do WSR zakazujący eksportu odpadów, w tym złomu Al, do państw spoza OECD	W toku
Rozporządzenie o przemieszczaniu odpadów (UE) 2024/1157	Eksport odpadów innych niż niebezpieczne poza OECD tylko do państw z listy (lista w toku)	Stosowane od 21.5.2026; zasady poza OECD od 21.5.2027
CBAM – rozporządzenie (UE) 2023/956	Okres docelowy; wyroby Al objęte, złom Al (CN 7602) nieobjęty; propozycja z XII 2025: rozszerzenie na wyroby przetworzone od 2028 r. i traktowanie złomu poprodukcyjnego jako prekursora (w toku)	Od 1.1.2026
Rozporządzenie bateryjne (UE) 2023/1542	Cele odzysku ołowiu (90% do końca 2027, 95% do końca 2031), cele efektywności recyklingu akumulatorów kwasowo-ołowiowych, zawartość ołowiu z recyklingu od 2031 r.	Obowiązuje; obowiązki etapowe
Rozporządzenie ELV (UE) 2026/1738	Zawartość recyklatu tworzyw 15% → 25%; studium wykonalności celów dla stali i aluminium	Przyjęte 8.7.2026; w mocy od 13.8.2026; stosowane od 1.9.2028
16. pakiet sankcji UE wobec Rosji	Zakaz importu rosyjskiego aluminium pierwotnego po okresie kontyngentu przejściowego	Przyjęty 24.2.2025; pełny zakaz od II 2026
Polityka Surowcowa Państwa (PSP 2050)	Uchwała RM nr 39/2022 (M.P. 2022 poz. 371); aktualizacja i ustawa wdrażająca CRMA w przygotowaniu	Obowiązuje / projekty

Źródła: EUR-Lex; Komisja Europejska (DG GROW, DG TAXUD, DG ENV); Rada UE; Monitor Polski. Status środka dotyczącego złomu aluminium podano za prasą branżową (Fastmarkets, S&P Global).

[2] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1252 z dnia 11 kwietnia 2024 r. w sprawie ustanowienia ram na potrzeby zapewnienia bezpiecznych i zrównoważonych dostaw surowców krytycznych (CRMA), Dz.U. L z 3.5.2024, art. 5 ust. 1 oraz załączniki I–II.

Trzy procesy sprawiają, że pytanie postawione w raporcie jest pilne. Po pierwsze, **debata o eksporcie złomu**: Komisja Europejska uruchomiła w lipcu 2025 r. nadzór celny nad złomem aluminium i miedzi[3] i przygotowała środki dotyczące eksportu złomu aluminium; we wrześniu 2026 r. – według doniesień – zastąpiła planowane cło eksportowe aktem delegowanym do rozporządzenia o przemieszczaniu odpadów, dotyczącym eksportu do państw spoza OECD.[4] Po drugie, **sankcje na rosyjskie aluminium**: 16. pakiet sankcji zakazuje importu rosyjskiego aluminium pierwotnego po okresie kontyngentu przejściowego;[5] w 2025 r. Rosja wciąż dostarczała 11,1% polskiego importu aluminium nieobrobionego. Po trzecie, **koszty energii i emisji**: huty wtórne konkurują w energochłonnym przetopie, a CBAM i EU ETS zmieniają relację cen metalu pierwotnego i wtórnego.

[3] Komisja Europejska, DG TAXUD, komunikat z 23 lipca 2025 r. w sprawie nadzoru nad importem i eksportem złomu metali.

[4] Fastmarkets (7 września 2026 r.) oraz S&P Global Commodity Insights o środku KE dotyczącym złomu aluminium; list European Aluminium z 7 września 2026 r. Do 4 listopada 2026 r. nie przyjęto żadnego aktu.

[5] Rada UE, 16. pakiet środków ograniczających wobec Rosji, przyjęty 24 lutego 2025 r.; komunikat Komisji Europejskiej (DG FISMA) z 24 lutego 2025 r.

03 Branża recyklingu złomu metali nieżelaznych w Polsce

3.1 Wielkość działalności powiązanych z branżą

Branża mieści się w trzech rodzajach działalności PKD. Sprzedaż hurtowa odpadów i złomu (46.77) obejmowała w 2024 r. 2 953 przedsiębiorstw i 17 896 pracujących; demontaż wraków i odzysk surowców z materiałów segregowanych (38.3) – 1 665 przedsiębiorstw i 11 193 pracujących; produkcja aluminium (24.42) – w Polsce wyłącznie wtórnego lub w postaci półwyrobów – 10 551 pracujących.[6] Działalności te obejmują także złom stalowy, papier, tworzywa i inne materiały, dlatego tylko ich część należy do recyklingu metali nieżelaznych (rozdział 4).

TABELA 3 Działalności obejmujące recykling złomu MN w Polsce, 2024 (wszystkie materiały)

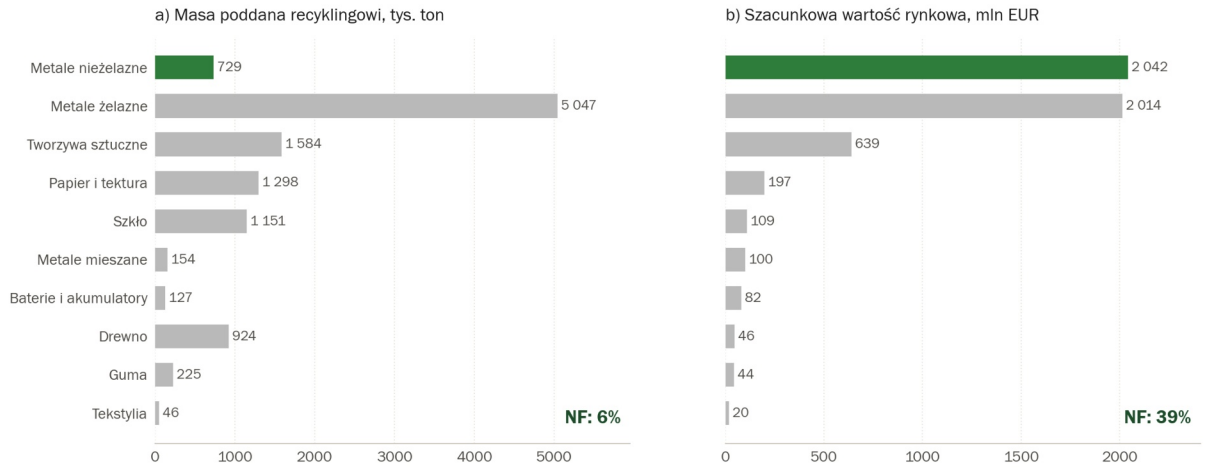
Działalność PKD	Przedsiębiorstwa	Pracujący	Przychody, mln EUR	WDB, mln EUR	WDB/pracującego, tys. EUR
46.77 Sprzedaż hurtowa odpadów i złomu	2 953	17 896	6 100	636	35,5
38.3 Demontaż wraków, odzysk surowców	1 665	11 193	2 452	498	44,5
24.42 Produkcja aluminium	196	10 551	2 949	509	48,3
24.43 Produkcja ołowiu, cynku i cyny	19	2 889	754	220	76,1

Źródło: Eurostat sbs_ovw_act (2024). Produkcja miedzi (24.44) objęta tajemnicą statystyczną; KGHM klasyfikowany jest w górnictwie.

3.2 Co jest przetwarzane: masa a wartość

W 2024 r. w Polsce poddano recyklingowi 729 tys. t odpadów metali nieżelaznych oraz 127 tys. t zużytych baterii i akumulatorów.[7] Metale nieżelazne to tylko ok. 8% masy materiałów poddanych recyklingowi, ale ok. 40% ich wartości rynkowej – ekonomiczny środek ciężkości sektora recyklingu.

RYSUNEK 3 Materiały poddane recyklingowi w Polsce w 2024 r. według masy i wartości

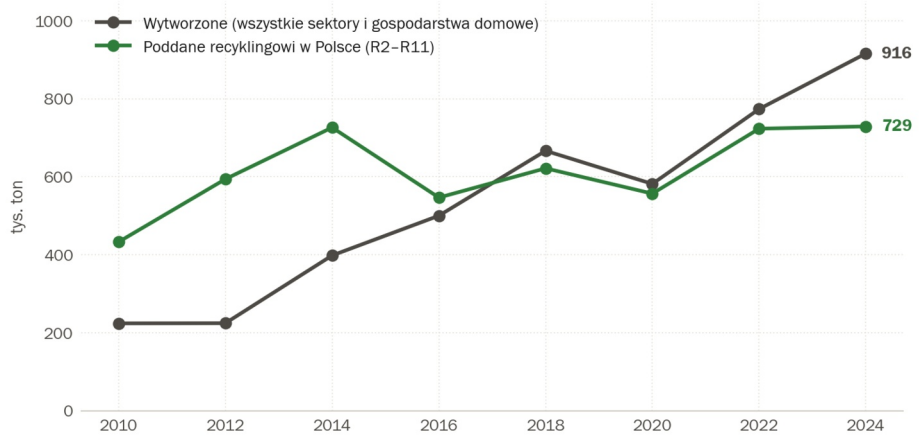


Źródło: IGMNiR NF-REC-PL; Eurostat env_wastrt (RCV_R, 2024); wartość = masa × wartość jednostkowa Comext 2024 (Aneks A).

[6] Eurostat, statystyka strukturalna przedsiębiorstw, zbiór sbs_ovw_act (aktualizacja 30 września 2026 r.), Polska, klasy NACE Rev. 2 G46.77, E38.3, C24.42, C24.43; 2024.

[7] Eurostat, przetwarzanie odpadów według kategorii, właściwości niebezpiecznych i procesów, zbiór env_wastrt, Polska 2024, kategorie W062 i W0841, proces RCV_R.

RYSUNEK 4 Odpady metali nieżelaznych wytworzone i poddane recyklingowi w Polsce, 2010–2024



Źródło: Eurostat env_wasgen, env_wastrt (kategoria odpadów W062, dane co dwa lata).

Recykling odpadów metali nieżelaznych w Polsce wzrósł w latach 2010–2024 o 68%, a ich wytwarzanie – czterokrotnie, za sprawą przemysłu przetwórczego (motoryzacja, opakowania, sprzęt elektryczny) oraz handlowców, którzy wykazują posortowany złom jako odpady wytworzone we własnej działalności.

3.3 Produkcja metali wtórnych według metali

TABELA 4 Produkcja wtórnych metali nieżelaznych w Polsce, 2024 (wartości centralne modelu)

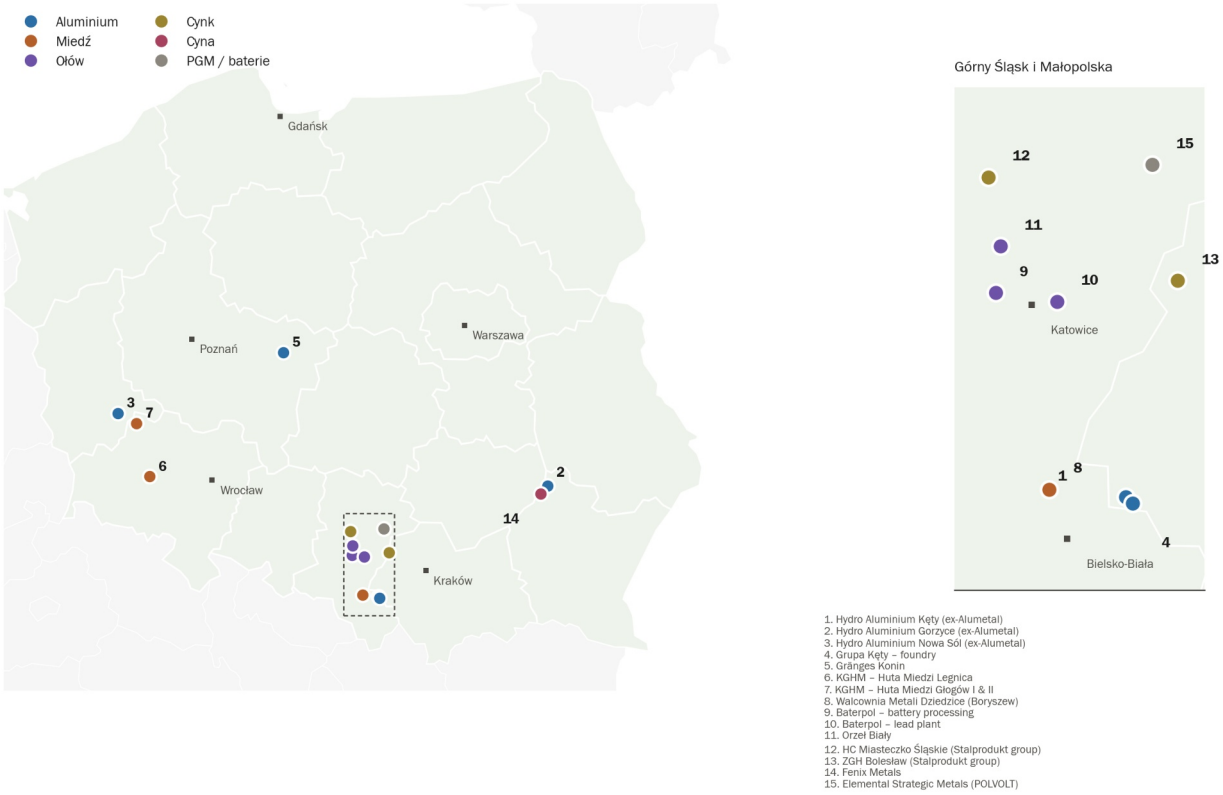
Metal	Produkcja wtórna, tys. t	Zakres, tys. t	Zużycie złomu, tys. t	Podstawa
Aluminium	260,0	210–320	306	PRODCOM 2024: wtórne stopy Al – 304 tys. t sprzedane, 486 tys. t wyprodukowane; 23,4 tys. t Al niestopowego; brak huty pierwotnej
Miedź	135,0	110–160	173	KGHM przerobił 159 tys. t złomu Cu (2024); przetapiacze stopów Cu
Ołów	80,0	65–100	133	Orzeł Biały 64,9 tys. t + Baterpol 32,8 tys. t ołowiu i stopów sprzedanych (2024); ołów rafinowany łącznie 130,6 tys. t
Cynk	87,0	75–100	158	Grupa Stalprodukt 2024: 153,8 tys. t Zn, ok. 56% wsadu z pozostałości (tlenek Waelz z pyłów stalowniczych); HC Miasteczko Śląskie 100% tlenków wtórnych
Cyna	4,8	4–5	6	100% wtórna; 95% na eksport

Źródła: Eurostat PRODCOM (DS-059358, kod 24421154); IGSMiE PAN (2025), Gospodarka surowcami mineralnymi w Polsce 2015–2024; raport roczny Orzeł Biały 2025; raport Boryszew 2024; raporty roczne Stalprodukt 2023–2025; KGHM – wyniki IV kw./2025 i podsumowanie strategii 2024; Hydro, ZGH Bolesław. Zużycie złomu = produkcja / uzysk metalu (Aneks B).

3.4 Rozmieszczenie branży

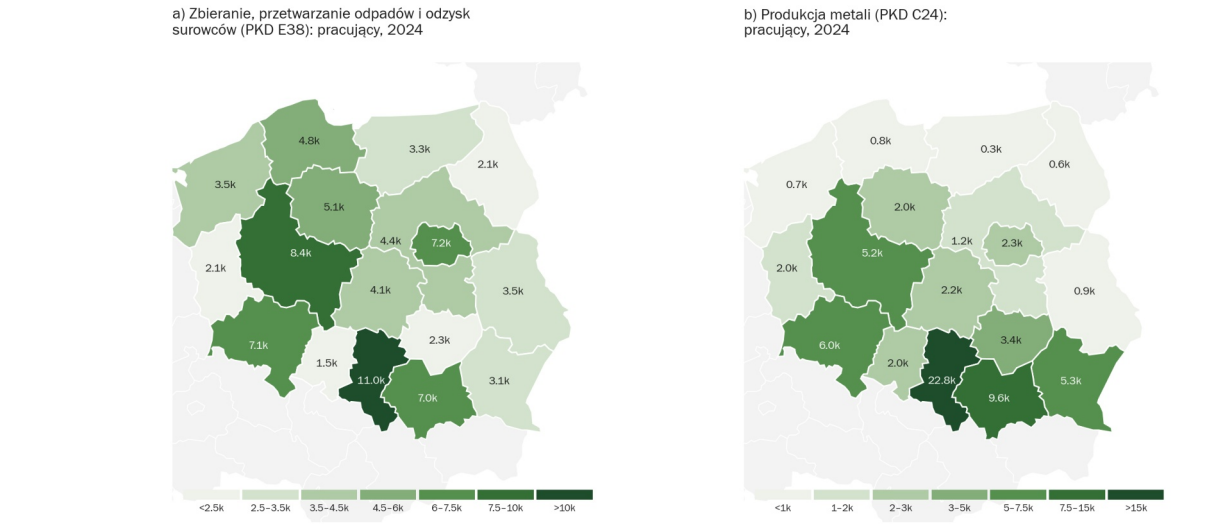
Zbiórka i handel są obecne w całym kraju, przy największym zatrudnieniu na Śląsku, w Wielkopolsce, na Dolnym Śląsku, Mazowszu i w Małopolsce. Hutnictwo wtórne koncentruje się w trzech skupiskach: Górny Śląsk i zachodnia Małopolska (ołów, cynk, stopy aluminium, stopy miedzi), Legnicko-Głogowski Okręg Miedziowy oraz zakłady aluminiowe w Nowej Soli, Koninie i Gorzycach.

RYSUNEK 5 Mapa zweryfikowanych instalacji recyklingu MN i produkcji metali wtórnych



Źródło: IGMNiR; raporty spółek (Hydro, Grupa Kęty, Gränges, KGHM, Boryszew, Orzeł Biały, ZGH Bolesław), IGSMiE PAN (2025), Komisja Europejska – projekty strategiczne CRMA; granice GISCO. Numeracja wg Aneksu C.

RYSUNEK 6 Zatrudnienie w gospodarce odpadami i produkcji metali według regionów (NUTS 2), 2024



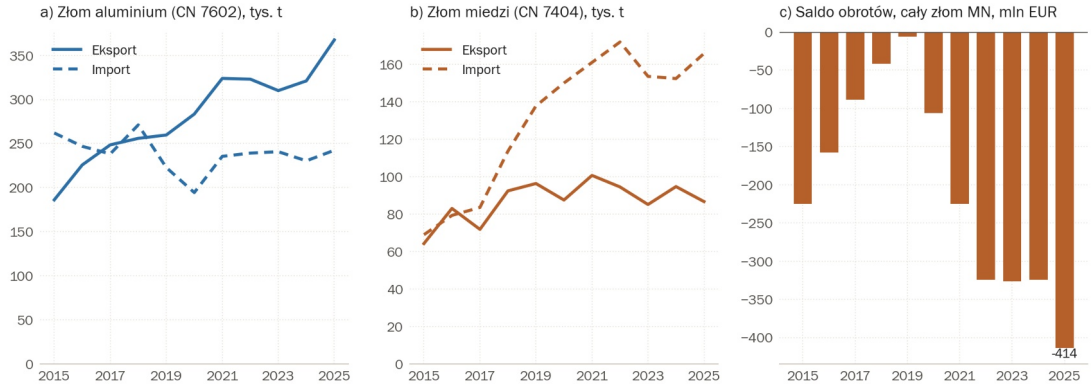
Źródło: Eurostat sbs_r_nuts2021 (jednostki lokalne, 2024); GISCO NUTS 2021. Punkty: zweryfikowane instalacje recyklingu metali nieżelaznych i produkcji metali wtórnych (Aneks C).

3.5 Handel złomem metali nieżelaznych

Polska jest per saldo **eksporterem złomu aluminium** (321 tys. t eksportu wobec 230 tys. t importu w 2024 r.) oraz **importerem złomu miedzi** (152 tys. t wobec 95 tys. t), co odzwierciedla rosnące wykorzystanie złomu

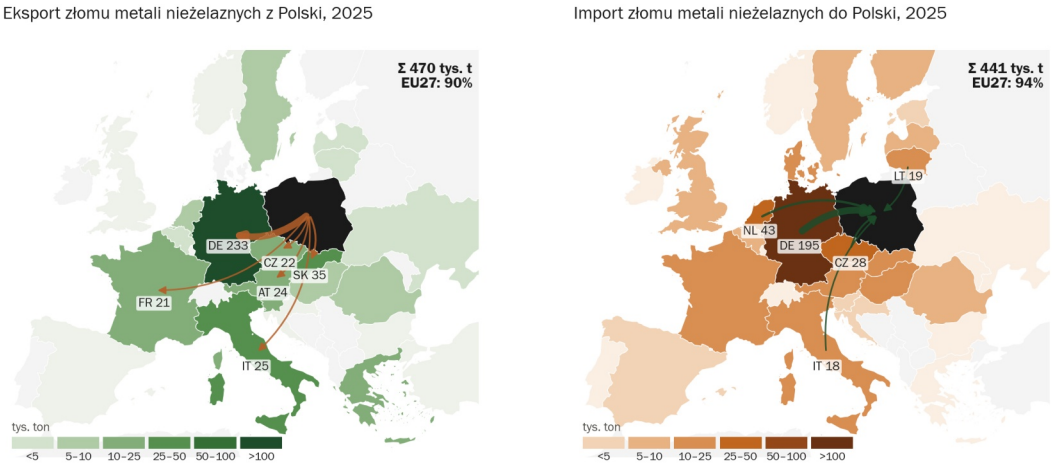
kupowanego przez KGHM. Wartościowo saldo handlu złomem MN jest ujemne od 2015 r. Ok. 90% eksportu i 94% importu odbywa się w UE, a zdecydowanie największym partnerem są Niemcy.

RYSUNEK 7 **Handel Polski złomem aluminium i miedzi oraz saldo obrotów złomem MN, 2015–2025**



Źródło: Eurostat Comext DS-045409. Złom MN = CN 7404, 7503, 7602, 7802, 7902, 8002, 854810/854911.

RYSUNEK 8 **Kierunki i źródła handlu Polski złomem MN w Europie, 2025**

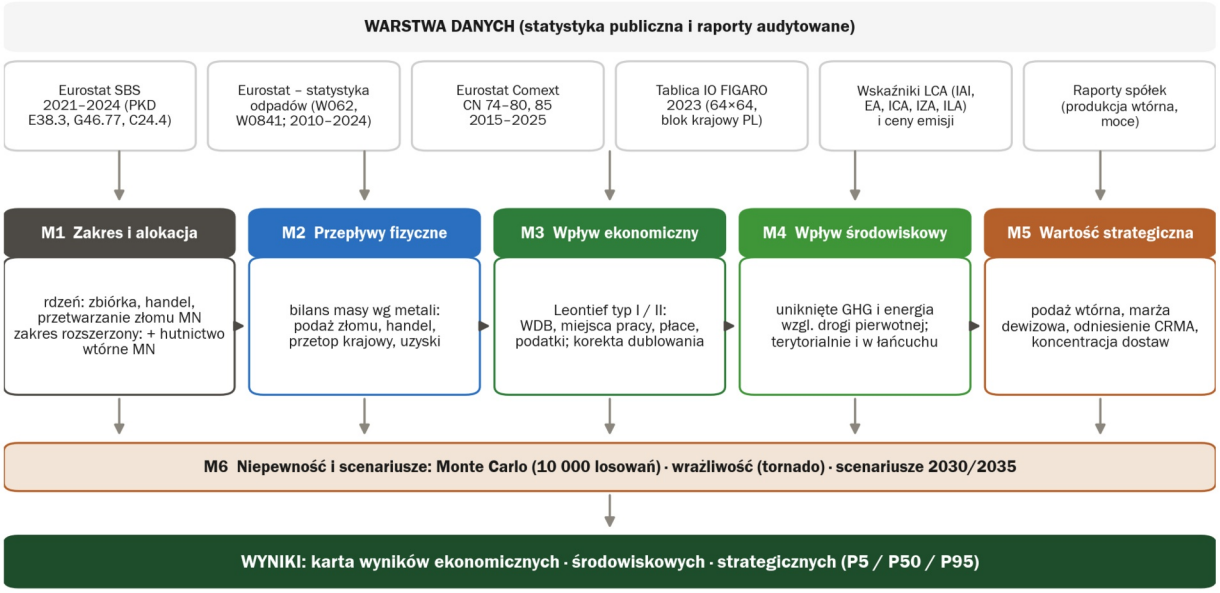


Źródło: model IGMNiR NF-REC-PL na podstawie Eurostat Comext (DS-045409), CN 7404, 7503, 7602, 7802, 7902, 8002, 854911; granice GISCO.

04 Metodyka: model NF-REC-PL

NF-REC-PL to modułowy model, udokumentowany i odtwarzalny na podstawie zarchiwizowanego kodu, który łączy statystykę publiczną Polski i UE z fizyką procesów recyklingu metali. Mierzy wkład brutto branży recyklingu złomu metali nieżelaznych w gospodarkę oraz środowiskową i strategiczną wartość metalu, który przywraca ona do obiegu.

RYSUNEK 9 Architektura modelu NF-REC-PL



Źródło: IGMNiR. Każdy moduł zaimplementowano w języku Python; wszystkie dane wejściowe wraz ze źródłem i klasą wiarygodności zestawiono w Aneksie B.

4.1 Zasady konstrukcji

- **Najpierw dane urzędowe.** Wielkości ekonomiczne pochodzą z badania Eurostat SBS (2024), statystyki odpadów Eurostatu (2024), bazy Comext (2015–2025), PRODCOM (2024) oraz tablicy przepływów międzygałęziowych FIGARO (2023). Raporty spółek wykorzystano tylko tam, gdzie brak statystyki publicznej (produkcja metali wtórnych, pracochłonność, wskaźniki wartości dodanej).
- **Spójność fizyczna.** Każdy wynik ekonomiczny jest zakotwiczony w bilansie masy dla poszczególnych metali: tonach złomu zebranego, sprzedanego, przetopionego i rafinowanego. Wyniki niemożliwe fizycznie są odrzucane.
- **Jawność kierunku obciążeń.** Część założeń obniża szacunek (brak efektów katalitycznych; aluminium wtórne ograniczone do metalu ze złomu zewnętrznego; współczynniki zatrudnienia bez miejsc pracy w hutach KGHM), inne mogą go podwyższać (udziały alokacyjne niezweryfikowane jeszcze ankietą członków; efekty brutto, a nie netto). Oba rodzaje założeń ujawniono i przetestowano.
- **Niepewność jest raportowana, a nie ukrywana.** Udziały alokacyjne, produkcja, uzyski, ceny, wskaźniki wartości dodanej, pracochłonność, wskaźniki emisji, skłonność do konsumpcji, klin podatkowy i skala

współczynników zatrudnienia losowane są 10 000 razy w symulacji Monte Carlo, a grupy skorelowane łączy kopuła Gaussa. Wyniki podano jako wartość centralną z 90-procentowym pasmem niepewności parametrów (P5–P95).

- **Bez podwójnego liczenia.** Zakupy między ogniwami łańcucha recyklingu usunięto wprost z rachunku łańcucha dostaw; przychodów i produkcji segmentów się nie sumuje.

4.2 Zakres i alokacja (moduł M1)

Rachunki narodowe nie wyodrębniają sektora „recykling złomu metali nieżelaznych". Branża rozproszona jest w trzech rodzajach działalności PKD: sprzedaży hurtowej odpadów i złomu (46.77), demontażu wraków i odzysku surowców z materiałów segregowanych (38.3) oraz wtórnej części produkcji metali nieżelaznych (24.42–24.45). Zgodnie z podejściem Fraser of Allander Institute dla brytyjskiego przemysłu aluminiowego[8] model wyodrębnia udział metali nieżelaznych w każdej z tych działalności i traktuje wynik jako sektor syntetyczny.

- **Zakres podstawowy (R1 + R2):** zbiórka, handel, sortowanie i przetwarzanie złomu MN. Dla pozycji wartościowych (produkcja, WDB, nadwyżka operacyjna) oraz dla zatrudnienia i kosztów pracy przyjęto odrębne udziały, ponieważ metale nieżelazne stanowią ok. 40% wartości, ale tylko 8% masy materiałów poddawanych recyklingowi w Polsce. Wartości centralne: PKD 46.77 – wartość 40%, zatrudnienie 24%; PKD 38.3 – wartość 24%, zatrudnienie 15%.
- **Zakres rozszerzony (+ R3):** hutnictwo wtórne metali nieżelaznych – przetop, rafinacja i stopowanie złomu oraz pozostałości cynkonośnych do stopów aluminium, miedzi, ołowiu, cynku i cyny. Ponieważ SBS nie rozdziela produkcji pierwotnej i wtórnej, R3 modelowano oddolnie: produkcja wtórna (t) × cena metalu × wskaźnik wartości dodanej; pracochłonność, koszty pracy i wskaźniki wartości dodanej skalibrowano na raportach rocznych polskich producentów (Alumetal 2022, Orzeł Biały 2024).

4.3 Przepływy fizyczne (moduł M2)

Dla każdego metalu m model domyka bilans masy złomu w Polsce (tony brutto; handel przeliczony według zawartości metalu w poszczególnych kodach CN):

$$A_m = C_m + X_m - M_m , \quad C_m = S_m / y_m$$

gdzie S oznacza metal wtórny wyprodukowany w Polsce ze złomu zewnętrznego (bez złomu obiegowego), y – uzysk metalu, C – złom zużyty przez krajowe zakłady, X i M – eksport i import złomu (Comext), a A – krajową podaż zebranego złomu. Wtórny cynk powstaje z pyłów stalowniczych przez tlenek Waelz, czyli z pozostałości, a nie ze złomu; dla cynku nie liczy się więc salda handlu złomem. W scenariuszach A jest zadane egzogenicznie, a bilans domyka import.

4.4 Wkład ekonomiczny (moduł M3)

Moduł ekonomiczny to popytowy model Leontiefa zbudowany na bloku krajowym tablicy FIGARO dla Polski za 2023 r. (64 produktów). Przy macierzy krajowych współczynników technicznych A i $L = (I - A)^{-1}$ produkcja w łańcuchu dostaw potrzebna do realizacji wektora krajowych zakupów pierwszej rundy f wynosi L·f. Współczynniki WDB, zatrudnienia, wynagrodzeń i podatków od produkcji (v, e, w, t) przeliczają produkcję na efekty:

$$\text{Bezpośredni} = \text{SBS / oddolnie} \qquad \text{Pośredni (typ I)} = v \cdot L \cdot f \qquad \text{Indukowany (typ II)} = v \cdot (L - L) \cdot f + v \cdot L \cdot c \cdot W(1 - \tau)$$

f to zużycie pośrednie segmentu (z SBS lub struktury kosztów spółek) rozdzielone według struktury nakładów produktu macierzystego, ograniczone do podaży krajowej i pomniejszone o zakupy od pozostałych ogniw łańcucha. L* to macierz Leontiefa domknięta względem gospodarstw domowych: dochód netto z pracy W(1 –

[8] Fraser of Allander Institute (2024), The Aluminium Industry in the UK, raport dla Aluminium Federation (ALFED), University of Strathclyde, s. 19–24.

τ), przy klinie podatkowym τ = 34,7%[9], jest wydawany ze średnią skłonnością do konsumpcji 0,88 zgodnie z krajowym udziałem c w spożyciu gospodarstw domowych w cenach nabywcy. Współczynniki zatrudnienia to liczba pracujących w 2024 r. na euro produkcji z 2024 r.

Wpływy fiskalne oszacowano jako (i) podatki i składki od pracy = klin podatkowy × łączne wynagrodzenia (bezpośrednie, pośrednie i indukowane), (ii) podatek CIT = 19% × nadwyżka operacyjna brutto działalności bezpośredniej × udział podlegający opodatkowaniu oraz (iii) podatki netto od produktów i produkcji według współczynników FIGARO zastosowanych do produkcji bezpośredniej, pośredniej i indukowanej. Pominięto VAT od spożycia końcowego wyrobów branży.

WKŁAD BRUTTO, A NIE KORZYŚĆ NETTO

WDB, miejsca pracy i podatki przedstawione w rozdziale 5 to ślad brutto: aktywność związana z branżą i jej łańcuchem dostaw. Nie jest to zmiana netto, która nastąpiłaby po zniknięciu branży – na napiętym rynku pracy część pracy i kapitału znalazłaby inne zastosowanie. Orientacyjnie: przyjęcie stopy wypierania 50%, typowej w ocenach addycjonalności, zmniejszyłoby o połowę efekt netto dla zatrudnienia. Wskaźniki środowiskowe i dewizowe mają natomiast jawnie charakter kontrfaktyczny.

4.5 Wpływ środowiskowy (moduł M4)

Przyjęto, że każda tona metalu wtórnego zastępuje tonę metalu pierwotnego (górne oszacowanie dla aluminium, którego wtórne stopy odlewnicze zastępują metal pierwotny głównie w odlewach). Uniknięte obciążenie to różnica śladu „od kołyski do bramy" drogi pierwotnej i wtórnej. Jest to szacunek metodą uniknięte obciążenia (substytucji). Raportowane są dwie perspektywy przypisania tego samego uniknięte obciążenia; nigdy się ich nie sumuje:

$$\Delta GHG_{zbiórka} = \Sigma_m A_m \cdot y_m \cdot (EF_m^{pierw} - EF_m^{wt}) \qquad \Delta GHG_{przetop} = \Sigma_m S_m \cdot (EF_m^{pierw} - EF_m^{wt})$$

Wskaźnik **według zbiórki** (wynik główny) przypisuje polskiemu łańcuchowi recyklingu cały metal odzyskany ze złomu zebranego w Polsce, niezależnie od miejsca przetopu. Wskaźnik **według przetopu** przypisuje metal przetopiony w Polsce i jest rozbity na złom krajowy i importowany; część importowana przypada zagranicznym zbieraczom. Przeniesienie przetopu między krajami przesuwa oszczędności emisji, a nie tworzy nowych, dlatego zmiany miejsca przetopu nie liczy się jako dodatkowej korzyści klimatycznej. Uniknięte emisje występują głównie w hutach pierwotnych za granicą, mogą je wykazywać także inni uczestnicy łańcucha wartości i nie obniżają krajowej inwentaryzacji; sama droga wtórna emituje CO_2 w Polsce i wytwarza pozostałości (żużel solny, żużel Waelz), które również raportowano. Wycena według ceny EU ETS i cienia ceny emisji Europejskiego Banku Inwestycyjnego jest umowna i nie oznacza przepływu pieniężnego do Polski.

4.6 Wartość strategiczna (moduł M5)

- **Wartość brutto metalu wtórnego** – produkcja wtórna × cena; miara krajowej podaży, a nie zysku dewizowego.
- **Marża dewizowa** – efekt dewizowy spójny z kontrfaktem: bez krajowego przetopu złom zostałby wyeksportowany, więc korzyść to wartość metalu pomniejszona o wartość rynkową zużytego złomu (wsad krajowy po cenach eksportowych, importowany po cenach importu) i nakłady importowane.
- **Relacja produkcji wtórnej do zużycia** – produkcja wtórna w relacji do pozornego zużycia (dla aluminium: produkcja wtórna plus import netto aluminium nieobrobionego); nie jest to wskaźnik udziału surowców wtórnych w rozumieniu UNEP IRP/JRC.
- **Koncentracja dostaw** – wskaźnik Herfindahla–Hirschmana (HHI) dla źródeł importu metali nieobrobionych.

[9] OECD (2025), Taxing Wages 2025: klin podatkowy dla osoby samotnej o przeciętnym wynagrodzeniu w Polsce, 2024.

– **Cele polityki** – odniesienie do wskaźnika CRMA, zgodnie z którym moce recyklingowe UE powinny pokrywać co najmniej 25% rocznego zużycia surowców strategicznych w UE; wskaźnik dotyczy UE jako całości.

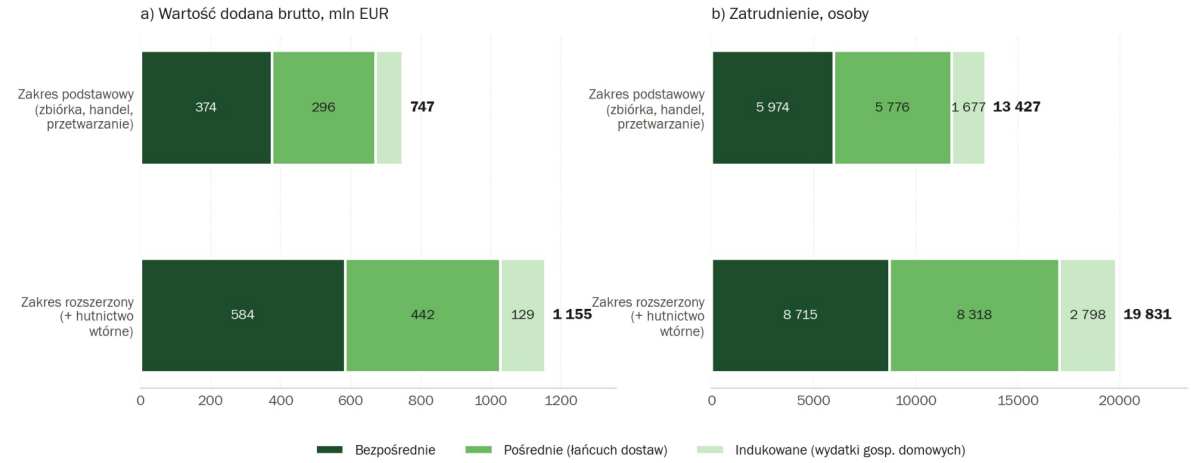
4.7 Niepewność, wrażliwość i scenariusze (moduł M6)

Wszystkie niepewne parametry mają rozkłady trójkątne (minimum, wartość centralna, maksimum) udokumentowane w Aneksie B. Grupy skorelowane – cztery udziały alokacyjne, ceny metali, wskaźniki wartości dodanej oraz pary wskaźników emisji i energii – połączono kopułą Gaussa. Symulacja Monte Carlo obejmuje 10 000 losowań ze stałym ziarnem; pasmo P5–P95 wyraża niepewność parametrów przy subiektywnych zakresach, a nie statystyczny przedział ufności. Wybory strukturalne – stopień substytucji, ujęcie złomu nowego, zastępowana droga pierwotna – testowane są osobno (podrozdział 6.3). Analiza „jeden parametr naraz" porządkuje parametry dla WDB, miejsc pracy, podatków i unikniętych emisji (wykresy tornado). Scenariusze na lata 2030 i 2035 zadają egzogenicznie krajową podaż złomu, produkcję wtórną, uzyski wsadu oraz ślad obu dróg produkcji i ponownie uruchamiają cały model.

05 Wkład ekonomiczny

W 2024 r. branża recyklingu złomu MN w zakresie rozszerzonym wytworzyła 584 mln EUR bezpośredniej wartości dodanej brutto i zatrudniała 8 715 osób. Za pośrednictwem krajowych łańcuchów dostaw utrzymywała łącznie 1 026 mln EUR WDB i 17 033 miejsc pracy (typ I), a z uwzględnieniem wydatków gospodarstw domowych – 1 155 mln EUR i 19 831 miejsc pracy (typ II).

RYSUNEK 10 **WDB i zatrudnienie – efekty bezpośrednie, pośrednie i indukowane**



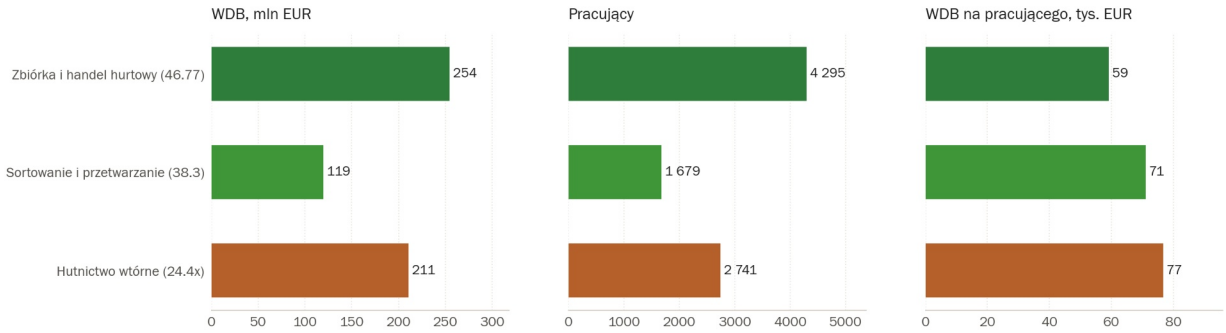
Źródło: IGMNiR NF-REC-PL; Eurostat SBS 2024, FIGARO 2023; wariant centralny.

TABELA 5 **Wkład ekonomiczny według segmentów, 2024 (mln EUR; osoby)**

Segment	Przych.	Prod.	WDB bezp.	WDB typ I	WDB typ II	Pracujący	Prac. typ I	Prac. typ II
R1 Zbiórka i handel	2 440	564	254	422	470	4 295	7 633	8 676
R2 Sortowanie i przetwarzanie	588	469	119	248	277	1 679	4 116	4 750
R3 Hutnictwo wtórne	2 272	2 272	211	356	408	2 741	5 284	6 404
Zakres podstawowy (R1+R2)	–	–	**374**	**670**	**747**	**5 974**	**11 750**	**13 427**
Zakres rozszerzony (R1+R2+R3)	–	–	**584**	**1 026**	**1 155**	**8 715**	**17 033**	**19 831**

Źródło: IGMNiR NF-REC-PL v1.3, wartości centralne. R1 i R2: udziały MN w SBS 2024 – pozycje wartościowe 46.77 × 40% i 38.3 × 24%; zatrudnienie 46.77 × 24% i 38.3 × 15%. R3: oddolnie z produkcji wtórnej (tabela 3). Przychody R1 obejmują wartość towarów handlowych, a produkcja handlu to marża; przychodów i produkcji nie sumuje się, bo R3 kupuje złom od R1/R2.

RYSUNEK 11 Bezpośrednia WDB, zatrudnienie i wydajność pracy według segmentów



Źródło: IGMNiR NF-REC-PL; Eurostat SBS 2024, FIGARO 2023; wariant centralny.

TABELA 6 Rachunek pomostowy trzech segmentów, 2024 (mln EUR)

Segment	Produkcja	Zużycie pośrednie	WDB	Koszty pracy	Nadwyżka operacyjna brutto
R1 Zbiórka i handel	564	309	254	71	183
R2 Sortowanie i przetwarzanie	469	350	119	35	85
R3 Hutnictwo wtórne	2 272	2 062	211	95	116
Łańcuch razem (sumuje się tylko WDB)	**–**	**–**	**584**	**201**	**384**

Źródło: IGMNiR NF-REC-PL v1.3. WDB = koszty pracy + nadwyżka operacyjna brutto w każdym segmencie. Produkcja R1 to marża handlowa (nie przychody); R3 kupuje złom od R1/R2 i z zagranicy, więc produkcji i zużycia pośredniego nie sumuje się między segmentami – sumuje się tylko WDB. Zakupy między segmentami usunięto z rachunku łańcucha dostaw.

5.1 Mnożniki i porównanie

Implikowany mnożnik WDB branży w zakresie rozszerzonym wynosi 1,76 (typ I) i 1,98 (typ II), a mnożnik zatrudnienia – 1,95 i 2,28. Dla samego hutnictwa wtórnego (R3) mnożnik zatrudnienia jest wyższy (1,93 / 2,34), ponieważ jego bezpośrednia pracochłonność jest niska. Jedyne aktualne europejskie badanie input–output branży recyklingu złomu – analiza RWI dla niemieckiego i unijnego sektora złomu stalowego, zlecona przez niemieckie stowarzyszenie BDSV – podaje mnożniki WDB 2,1 (Niemcy) i 2,0 (UE-27) oraz mnożniki zatrudnienia 2,5 i 2,4 (w etatach).[10] Porównanie wskazuje, że polskie szacunki mieszczą się w wiarygodnym przedziale; nie jest to walidacja, gdyż różnią się materiał, kraj i definicja zatrudnienia.

TABELA 7 Mnożniki input–output dla Polski (FIGARO 2023) i porównanie

Produkt / badanie	Produkcja I	WDB I	WDB II	Prac. I	Prac. II
Usługi hurtowe (macierz R1)	1,68	1,64	1,87	1,89	2,24
Gospodarka odpadami i odzysk (macierz R2)	1,60	1,60	1,85	1,65	1,95
Metale (odniesienie dla R3)	1,72	2,02	2,36	2,32	2,83
Recykling MN – zakres podstawowy (niniejsze badanie)	–	1,79	2,00	1,97	2,25
Recykling MN – hutnictwo wtórne R3 (niniejsze badanie)	–	1,69	1,94	1,93	2,34
Recykling MN – zakres rozszerzony (niniejsze badanie)	**–**	**1,76**	**1,98**	**1,95**	**2,28**
Recykling złomu stali, UE-27 (RWI 2025, etaty)	–	–	2,0	–	2,4

Źródło: obliczenia IGMNiR na tablicy FIGARO 2023 (naio_10_fcp_ip4), blok krajowy Polski; zatrudnienie nama_10_a64_e 2024. Typ II domyka model względem gospodarstw domowych (klin podatkowy 34,7%, APC 0,88, krajowy udział spożycia w cenach nabywcy).

Typ II dodaje dwa odrębne strumienie wydatków gospodarstw domowych: wynagrodzenia netto wypłacane bezpośrednio przez branżę (z kosztów pracy SBS) oraz wynagrodzenia netto wypłacane w łańcuchu dostaw (z macierzy Leontiefa domkniętej względem gospodarstw domowych). Strumienie te się nie nakładają, ponieważ

[10] RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung (Rothgang M., Dehio J., Janßen-Timmen R.), Economic Significance of the Steel Scrap Recycling Industry, badanie dla BDSV, grudzień 2025, s. 14–17. Mnożniki RWI obejmują efekty indukowane i należy je porównywać z typem II.

impuls łańcucha dostaw nie obejmuje własnych wynagrodzeń branży; każde euro dochodu z pracy jest więc w modelu wydawane jeden raz.

5.2 Wkład w finanse publiczne

TABELA 8 Wkład fiskalny z łańcuchem dostaw i efektem indukowanym, 2024 (mln EUR)

Zakres	Podatki i składki od pracy	CIT	Podatki netto od produktów i produkcji	Razem mln EUR	Razem mln zł
Zakres podstawowy	85	23	46	154	665
Zakres rozszerzony	**142**	**33**	**99**	**274**	**1 180**

Źródło: IGMNiR NF-REC-PL v1.3. Podatki od pracy = klin podatkowy 34,7% (OECD Taxing Wages 2025; obejmuje składki pracownika i pracodawcy) × wynagrodzenia; CIT = 19% × nadwyżka operacyjna brutto działalności bezpośredniej × udział opodatkowany 45% (założenie, zakres 30–60%); podatki netto od produktów i produkcji według współczynników FIGARO. Bez VAT od spożycia końcowego wyrobów branży. Są to szacunki modelowe, a nie obserwowane wpływy podatkowe.

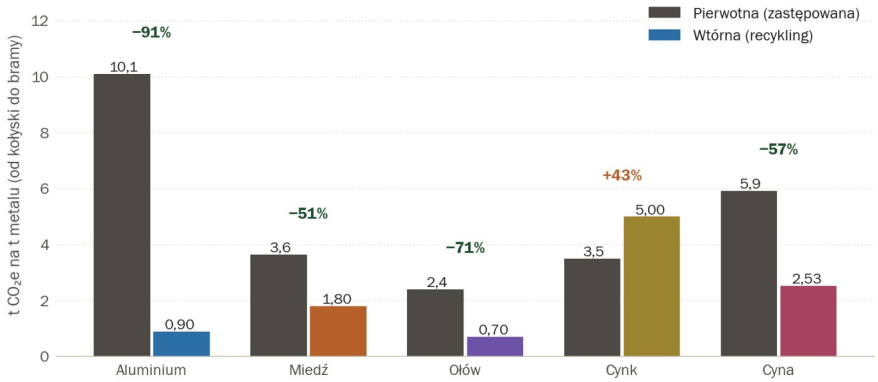
JAK CZYTAĆ TE LICZBY

- **Brutto, nie netto.** Wyniki mierzą aktywność gospodarczą związaną z branżą („ślad"), a nie stratę netto, która nastąpiłaby po jej zniknięciu. Przy stopie wypierania 50% efekt netto dla zatrudnienia wyniósłby ok. połowę wartości brutto.
- **Wynikiem głównym jest typ I.** Efekty typu II zależą od założeń o zachowaniu gospodarstw domowych i podano je dla kompletności.
- **Osoby, nie etaty.** Zatrudnienie to liczba pracujących (SBS, rachunki narodowe).
- **Efekty katalityczne pominięto.** Polskie odlewnie, wyciskarnie, producenci kabli i akumulatorów korzystają z metalu wtórnego; tej aktywności nie ujęto w obliczeniach.

06 Wpływ środowiskowy

Metal odzyskany ze złomu metali nieżelaznych zebranego w Polsce w 2024 r. przyczynił się do uniknięcia ok. 3,26 mln t CO_2e w porównaniu z drogą pierwotną – głównie w hutach pierwotnych poza Polską – oraz ok. 63 PJ energii pierwotnej.

RYSUNEK 12 **Ślad węglowy drogi pierwotnej i wtórnej według metali**



Źródło: European Aluminium EPR 2024 (Al pierwotny, mix konsumpcji UE 2023); IAI (Al wtórny); ICA (Cu pierwotna); IZA (Zn); Nuss i Eckelman 2014 (Cu, Pb); ITA, Aurubis (Sn). Zn wtórny: Stalprodukt ESRS 2024 (zakresy 1+2 na t Zn, obliczenia IGMNiR). Zakresy: Aneks B.

Porównanie opiera się na śladzie „od kołyski do bramy". W przypadku aluminium zastępowany metal pierwotny to unijny mix konsumpcji z 2023 r. (10,1 t CO_2e/t), obejmujący import z wysokoemisyjnych hut; droga wtórna to rafinacja głównie złomu pożytkowego (0,9 t CO_2e/t, zakres 0,42–1,4).[11] W przypadku miedzi porównano średnią światową katodę (3,64 t) z miedzią wtórną (1,8 t); wskaźniki pochodzą z różnych metod i lat, co odzwierciedla szeroki zakres sięgający śladu katody KGHM (1,69 t), przy którym korzyść dla miedzi by znikała.[12] Inaczej jest w przypadku cynku: droga wtórna w Polsce – przerób pyłów stalowniczych w piecach Waelz, a następnie elektroliza lub piec ISP – emituje ok. 5 t CO_2e na tonę cynku (zakresy 1 i 2 spółek cynkowych grupy Stalprodukt, 2024), więcej niż światowa średnia dla cynku pierwotnego (3,5 t), dlatego wynik dla cynku jest ujemny.[13] Jego wartość leży gdzie indziej: cynk jest odzyskiwany z niebezpiecznych pyłów z pieców łukowych, które w przeciwnym razie trzeba by składować, a wydobycie rudy jest zbędne. Wynik dla cynku jest warunkowy: wskaźnik pierwotny to wartość LCA „od kołyski do bramy", wtórny wyprowadzono z korporacyjnych emisji zakresu 1 i 2 zakładów współwytwarzających ołów, a alokacji między cynk i ołów nie modelowano. 87 tys. t cynku wtórnego oszacowano na podstawie udziału pozostałości we wsadzie; wymaga to potwierdzenia bilansem pierwiastka.

Obowiązują trzy zastrzeżenia. Po pierwsze, krajowa podaż złomu obejmuje także złom poprodukcyjny (nowy) od polskich przetwórców, którego statystyka publiczna nie oddziela od złomu pożytkowego; wskaźniki recyklingu u schyłku cyklu życia stosowane przez UNEP IRP i JRC uwzględniają wyłącznie złom pożytkowy. Gdyby 40% podaży złomu aluminium i miedzi stanowił złom poprodukcyjny i uwzględniono tylko złom pożytkowy, wskaźnik według zbiórki wyniósłby ok. 2,0 mln t CO_2e zamiast 3,3 mln t. Po drugie, wtórne stopy odlewnicze aluminium

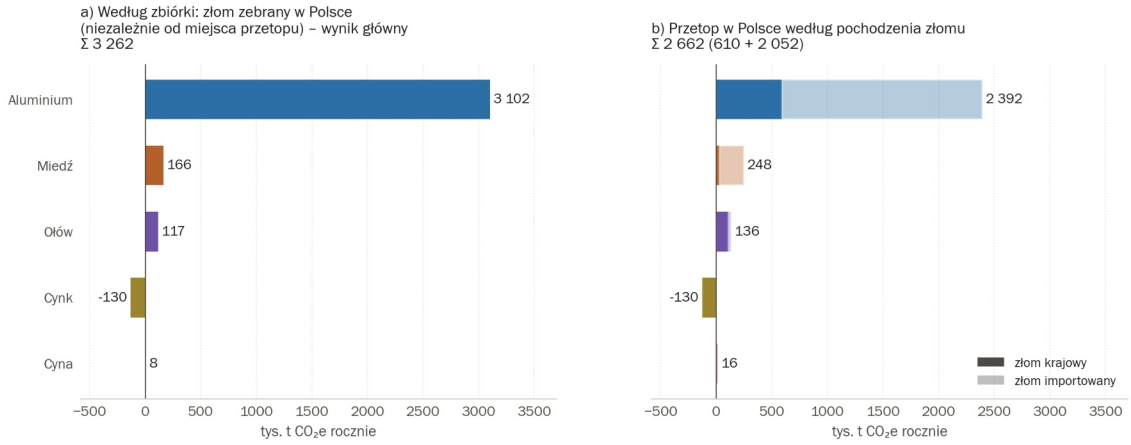
[11] European Aluminium (2024), Environmental Profile Report 2024, wersja 2.0, s. 5; International Aluminium Institute, Aluminium recycling factsheet (dane 2022); Nuss P., Eckelman M.J. (2014), Life Cycle Assessment of Metals: A Scientific Synthesis, PLoS ONE 9(7): e101298.

[12] International Copper Association, profil środowiskowy katody miedzianej (dane 2023), cyt. za deklaracją Aurubis (2026); Nuss i Eckelman (2014), materiały uzupełniające, tab. S38; IGSMiE PAN, LCA produktów KGHM (dane 2024).

[13] Stalprodukt S.A., Sprawozdanie Zarządu z działalności GK Stalprodukt za 2024 r., oświadczenie o zrównoważonym rozwoju (ESRS E1); raport roczny 2023 (struktura wsadu cynkowego). Wskaźnik na tonę cynku wyliczony przez IGMNiR.

zastępują metal pierwotny głównie w zastosowaniach odlewniczych, więc substytucja 1:1 jest górnym oszacowaniem. Po trzecie, te same uniknięte emisje mogą wykazywać zagraniczni przetapiacze polskiego złomu lub producenci raportujący zawartość recyklatu. Wskaźnik wyraża więc wkład, a nie wyłączne przypisanie, i nie wolno go sumować z danymi innych państw lub przedsiębiorstw.

RYSUNEK 13 **Uniknięte emisje GHG według metali – perspektywa zbiórki i przetopu**



Źródło: IGMNiR NF-REC-PL v1.3; wskaźniki LCA: European Aluminium EPR 2024, IAI, ICA, IZA, Nuss i Eckelman (2014), ITA. Wariant centralny. Panele przedstawiają alternatywne przypisania i nie należy ich sumować.

TABELA 9 **Wskaźniki środowiskowe według metali, 2024**

Metal	Produkcja wtórna, tys. t	Uniknięte t CO_2e/t	Uniknięte GHG – zbiórka, tys. t	Uniknięte GHG – przetop w PL, tys. t	w tym złom krajowy, tys. t	Oszczędność energii, PJ	Orientacyjny ślad drogi wtórnej, tys. t (zakres mieszany)
Aluminium	260,0	9,20	3 102	2 392	590	58,7	234
Miedź	135,0	1,84	166	248	30	2,8	243
Ołów	80,0	1,70	117	136	112	1,1	56
Cynk	87,0	-1,50	-130	-130	-130	0,1	435
Cyna	4,8	3,39	8	16	8	0,6	12
Razem	**566,8**	**–**	**3 262**	**2 662**	**610**	**63,2**	**980**

Źródło: IGMNiR NF-REC-PL v1.3. Według zbiórki = metal ze złomu zebranego w Polsce niezależnie od miejsca przetopu (wynik główny). Według przetopu = metal przetopiony w Polsce, łącznie ze złomem importowanym przypisanym zagranicznym zbieraczom. Energia: według zbiórki.

6.1 Umowna wartość pieniężna

Przy średniej cenie uprawnień EU ETS z 2024 r. wynoszącej 64,8 EUR/t[14] uniknięte emisje są warte 211 mln EUR rocznie, a przy cieniu ceny emisji EBI na 2025 r. (165 EUR/t, ceny 2016)[15] – 538 mln EUR. Są to wartości umowne: większość uniknętych emisji wystąpiłaby w hutach spoza systemu EU ETS, a do Polski nie trafia żadna płatność. Obie wyceny mają różne podstawy cenowe (EU ETS 2024, ceny bieżące; EBI, ceny 2016) i nie wolno ich dodawać do WDB ani wpływów podatkowych.

6.2 Inne obciążenia uniknięte i wytworzone

- **Uniknięty czerwony szlam (podstawa: przetop w Polsce):** ok. 0,62 mln t rocznie (2,4 t na t aluminium pierwotnego).

[14] Europejska Agencja Środowiska (2025), dane EU ETS – średnia cena EUA w 2024 r.

[15] Komisja Europejska (2021), Wytyczne techniczne dotyczące uodparniania infrastruktury na zmianę klimatu w latach 2021–2027, Dz.U. C 373 z 16.9.2021, tab. 5–6.

- **Uniknięte odpady wydobywcze miedzi (podstawa: przetop w Polsce):** zastąpienie 135 tys. t katody pierwotnej pozwala uniknąć ok. 12,6 mln t odpadów flotacyjnych, 7,7 mln m³ wody i 4,2 tys. t SO_2 (średnie światowe ICA) – wartości orientacyjne, gdyż unikane kopalnie leżą poza Polską.
- **Wytworzone pozostałości:** ok. 65 tys. t żużla solnego z przetopu aluminium i 261 tys. t żużla Waelz z recyklingu pyłów cynkonośnych, wymagających odzysku lub bezpiecznego unieszkodliwienia.
- **Orientacyjny ślad produkcji wtórnej w Polsce:** ok. 980 tys. t CO_2e rocznie, przy wskaźnikach o mieszanym zakresie (LCA „od kołyski do bramy", a dla cynku – korporacyjne zakresy 1 i 2); nie jest to inwentaryzacja emisji terytorialnych. Dla aluminium, miedzi, ołowiu i cyny ślad drogi wtórnej jest niższy niż drogi pierwotnej; dla cynku w tym rachunku jest wyższy.

6.3 Wrażliwość na wybór kontrfaktu

Pasmo Monte Carlo obejmuje wartości parametrów, a nie strukturę porównania. Poniższa tabela zmienia trzy wybory strukturalne: stopień, w jakim metal wtórny zastępuje pierwotny, uwzględnianie złomu poprodukcyjnego (nowego) oraz ślad zastępowanego aluminium pierwotnego. Wynik według zbiórki jest na te wybory najbardziej wrażliwy; przy połączeniu substytucji 70% i uwzględnieniu tylko 60% złomu aluminium i miedzi spada o ponad połowę.

TABELA 10 Uniknięte GHG i energia przy alternatywnych wyborach kontrfaktu, 2024

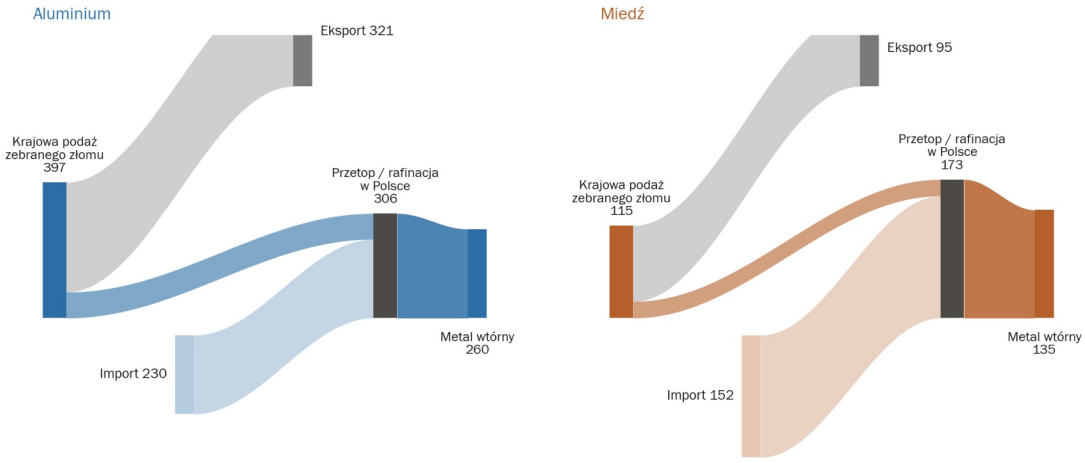
Wariant	GHG – zbiórka, mln t CO_2e	GHG – przetop, mln t CO_2e	Energia – zbiórka, PJ
Bazowo: substytucja 1:1, cały złom	**3,26**	**2,66**	**63**
Substytucja aluminium 90%	2,92	2,40	57
Substytucja aluminium 70%	2,24	1,87	44
Substytucja aluminium 50%	1,56	1,35	31
Uwzględnione tylko 60% złomu Al i Cu (złom poużytkowy)	1,96	2,66	39
60% złomu Al/Cu i substytucja 70%	1,28	1,73	26
Zastępowane Al pierwotne 6,6 t CO_2e/t (produkcja UE)	2,08	1,75	63

Źródło: IGMNiR NF-REC-PL v1.3, centralne wartości parametrów. Udział 60% złomu poużytkowego jest założeniem ilustracyjnym – statystyka publiczna nie rozdziela złomu nowego i starego. Warianty substytucji dotyczą zastępowanego śladu i energii drogi pierwotnej.

07 Wartość strategiczna

Huty wtórne w Polsce przetwarzają złom krajowy i importowany w metal o wartości 2,27 mld EUR rocznie, co odpowiada 38% pozornego zużycia aluminium i 60% ołowiu; produkcja cynku wtórnego przewyższa krajowe zużycie cynku, gdyż ok. dwie trzecie polskiego cynku trafia na eksport. Ponieważ złom ma wartość rynkową – można go sprzedać za granicę i jest też za granicą kupowany – szacunkowa marża przetwórcza – hipotetyczny rachunek handlowy – wynosi ok. 258 mln EUR rocznie. Jest to miara rachunkowa wartości dodanej w Polsce, a nie argument za eksportem złomu ani przeciw niemu.

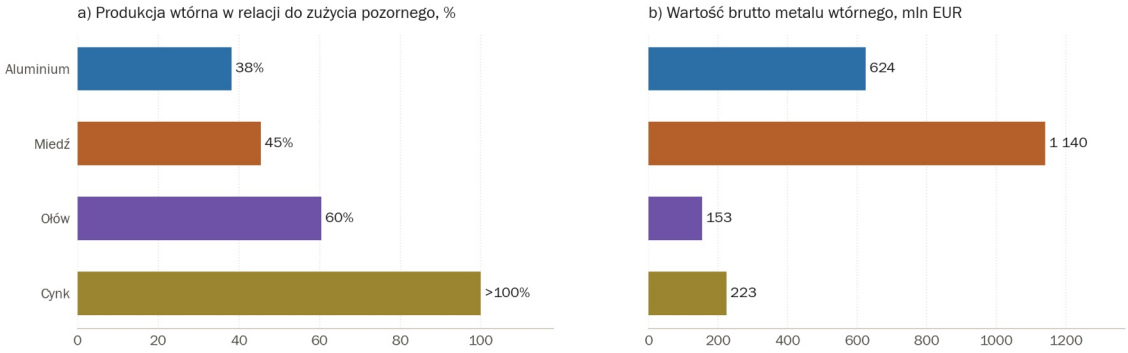
RYSUNEK 14 **Bilans masy złomu aluminium i miedzi w Polsce, 2024**



Źródło: bilans masy IGMNiR NF-REC-PL (M2); Eurostat Comext 2024; IGSMiE PAN (2025); KGHM (2025). Podaż wyliczona jako A = C + X − M.

Bilans pokazuje intensywny handel dwukierunkowy w ramach zintegrowanego europejskiego rynku złomu. W 2024 r. Polska wyeksportowała 321 tys. t i zaimportowała 230 tys. t złomu aluminium – poszczególne gatunki trafiają do zakładów najlepiej przygotowanych do ich przerobu. W miedzi rosnący przerób złomu w KGHM częściowo opiera się na imporcie (152 tys. t), a jednocześnie wyeksportowano 95 tys. t złomu miedzi.

RYSUNEK 15 Udział podaży wtórnej i wartość metalu wtórnego według metali



Źródło: IGMNiR NF-REC-PL; IGSMiE PAN (2025) zużycie pozorne; Eurostat Comext; ceny Banku Światowego 2024. Cynk i cyna: produkcja przewyższa krajowe zużycie (głównie eksport).

TABELA 11 Wskaźniki strategiczne według metali, 2024

Metal	Zużycie pozorne, tys. t	Udział wtórny	Wartość brutto metalu wtórnego, mln EUR	Marża przetwórcza (FX), mln EUR	Status CRMA
Aluminium	680,7	38%	624	120	strategiczny i krytyczny
Miedź	297,0	45%	1 140	15	strategiczny i krytyczny
Ołów	132,4	60%	153	64	–
Cynk	85,7	>100% (eksporter netto)	223	40	–
Cyna	1,1	>100% (eksporter netto)	132	20	–

Źródła: IGMNiR NF-REC-PL v1.3; zużycie pozorne: Al = produkcja wtórna + import netto Al nieobrobionego (Comext 2024); Cu, Pb, Zn, Sn IGSMiE PAN (2025). Marża przetwórcza = wartość metalu wtórnego − wartość rynkowa zużytego złomu (wsad krajowy wg wartości jednostkowych eksportu, importowany wg wartości importu; złom akumulatorowy wg CN 854911) − nakłady importowane. Cynk: droga z pozostałości (tlenek Waelz); produkcja cynku i cyny przewyższa krajowe zużycie, bo większość trafia na eksport. CRMA zał. I–II.

7.1 Koncentracja dostaw metali pierwotnych

TABELA 12 Import metali pierwotnych do Polski według partnerów, 2025

Produkt (CN)	Import, tys. t	HHI	3 główni partnerzy	Rosja
Aluminium nieobrobione (7601)	694,6	1 714	NL 35%, RU 11%, SE 10%	11,1%
Miedź rafinowana (7403)	12,7	4 273	DE 63%, FR 13%, BE 9%	0,0%
Cynk nieobrobiony (7901)	53,5	2 308	FI 28%, DE 27%, BE 26%	0,0%
Ołów nieobrobiony (7801)	69,2	1 580	SE 27%, DE 25%, EE 8%	0,0%
Cyna nieobrobiona (8001)	2,1	2 566	AE 41%, CN 21%, BE 20%	0,0%
Nikiel nieobrobiony (7502)	2,2	4 706	NL 66%, US 13%, FR 10%	0,0%

Źródło: obliczenia IGMNiR na Eurostat Comext DS-045409. HHI = indeks Herfindahla–Hirschmana udziałów partnerów (0–10 000; >2 500 = wysoka koncentracja). Dla przywozu wewnątrzunijnego partnerem jest kraj wysyłki (np. huby w Niderlandach), a nie pochodzenia.

Aluminium wtórne produkowane w Polsce jest jednym z kilku źródeł podaży na rynku, na którym import rosyjskiego aluminium pierwotnego jest zakazany od lutego 2026 r., a UE zależy od importu większości metalu pierwotnego. W 2025 r. Polska zaimportowała 695 tys. t aluminium nieobrobionego, z czego 11,1% z Rosji; to źródło wygasło wraz z końcem kontyngentu przejściowego 16. pakietu sankcji. Wtórne stopy odlewnicze zastępują metal pierwotny głównie w zastosowaniach odlewniczych.

7.2 Odniesienie do celu recyklingowego CRMA

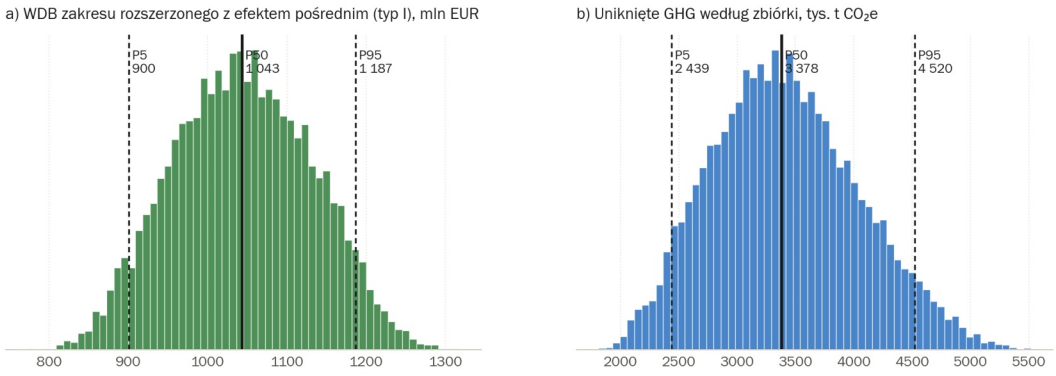
Wskaźnik CRMA dotyczy UE jako całości, ale moce krajowe mają w nim swój udział. Polska produkcja aluminium wtórnego (260 tys. t) odpowiada 38% krajowego zużycia aluminium, a miedzi wtórnej (135 tys. t) – 45% krajowego zużycia miedzi. Wzrost produkcji wtórnej zależy od mocy, kosztów energii i dostępności odpowiednich gatunków złomu; hutnictwo miedzi już dziś częściowo korzysta ze złomu importowanego. KGHM planuje zwiększyć przerób złomu do ok. 350 tys. t do 2030 r., czyli ponad dwukrotnie wobec 2024 r.,[16] a huta recyklingowa w Legnicy została w październiku 2026 r. wybrana jako projekt strategiczny CRMA.

[16] KGHM Polska Miedź S.A., Strategy summary for 2024 (tabela KPI, s. 5) oraz prezentacja wyników IV kw./2025 (marzec 2026), slajdy 7, 10 i 13.

08 Niepewność i wrażliwość

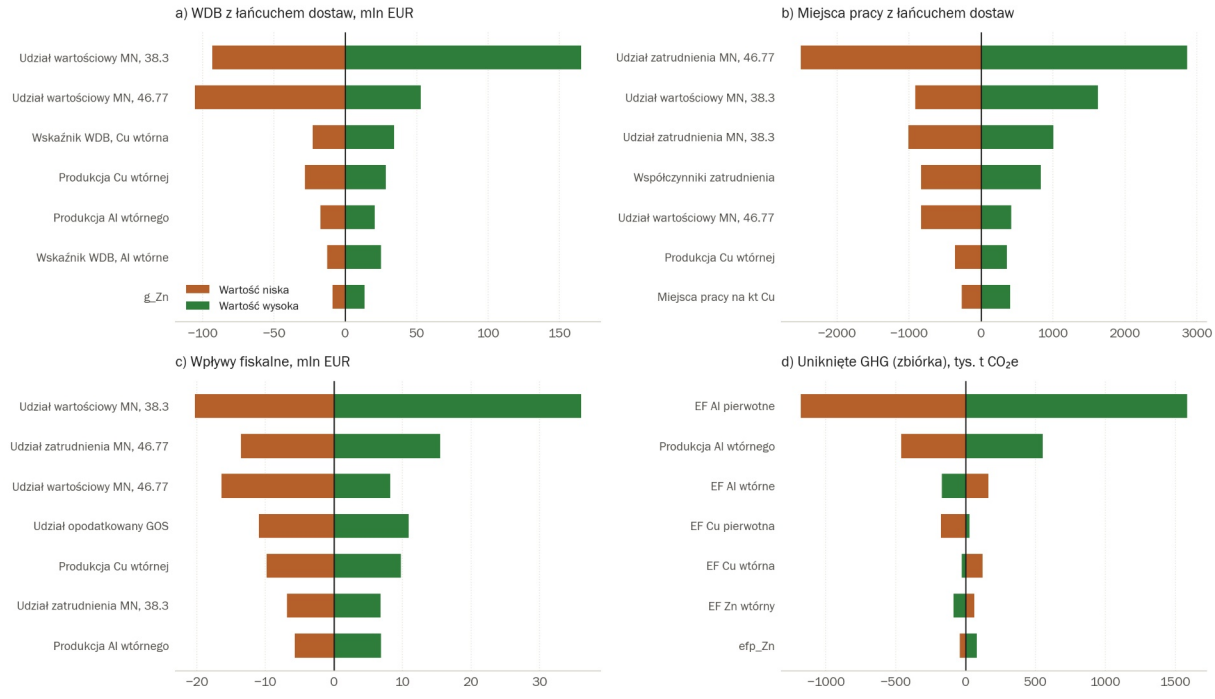
Symulacja Monte Carlo propaguje łącznie zakresy wszystkich 56 niepewnych parametrów, a grupy skorelowane łączy kopuła Gaussa. Pasmo 90% WDB zakresu rozszerzonego z łańcuchem dostaw wynosi 900–1 187 mln EUR (±14%). Zatrudnienie jest bardziej niepewne (±21%), ponieważ udział złomu MN w zatrudnieniu firm wielomateriałowych nie jest obserwowany. Uniknięte emisje wahają się o ±32%, gdyż ślad zastępowanego aluminium pierwotnego jest bardzo różny w poszczególnych hutach.

RYSUNEK 16 **Rozkłady Monte Carlo WDB i uniknięty emisji**



Źródło: IGMNiR NF-REC-PL v1.3, moduł M6; rozkłady trójkątne z kopułą Gaussa dla grup skorelowanych (Aneks B), ziarno 20261118. Pasmo niepewności parametrów, nie statystyczny przedział ufności.

RYSUNEK 17 **Wykresy tornado: najbardziej wpływowe parametry**



Źródło: IGMNiR NF-REC-PL v1.3, moduł M6; analiza „jeden parametr naraz" na zakresach z Aneksu B; zakres rozszerzony.

Wyniki ekonomiczne są najbardziej wrażliwe na udziały alokacyjne (Udział wartościowy MN, 38.3; Udział wartościowy MN, 46.77) – bezpośredni skutek braku statystyki publicznej dotyczącej recyklingu metali

nieżelaznych. Lepsze dane o przychodach, zatrudnieniu i tonażu według materiałów zawęziłyby pasmo bardziej niż jakakolwiek inna poprawa. Wyniki środowiskowe zależą przede wszystkim od parametru: EF Al pierwotne, oraz od produkcji aluminium wtórnego.

8.1 Testy wiarygodności i luki w danych

- **Zużycie złomu a statystyka odpadów.** Modelowe zużycie złomu aluminium, miedzi i cyny (485 tys. t) to 67% odpadów metali nieżelaznych poddanych recyklingowi w Polsce według Eurostatu (729 tys. t, W062). Różnica jest spójna z kategoriami nieobjętymi modelem (metale szlachetne, nikiel, zgary, magnez) i z wielokrotnym wykazywaniem złomu w obrocie; test ma charakter wiarygodności, a nie dowodu.
- **Ołów.** Model zakłada 133 tys. t wsadu w ekwiwalencie akumulatorów, wobec 89 tys. t niebezpiecznych odpadów baterii poddanych recyklingowi według Eurostatu (W0841) i ok. 98 tys. t ołowiu i stopów sprzedanych przez dwóch recyklerów akumulatorów. Rozbieżności nie da się wyjaśnić danymi publicznymi; odzwierciedla ją zakres 65–100 tys. t dla ołowiu wtórnego.
- **Wydajność.** Bezpośrednia WDB na pracującego wynosi 59 tys. EUR w zbiórce i handlu, 71 tys. EUR w przetwarzaniu i 77 tys. EUR w hutnictwie wtórnym, wobec 48 tys. EUR dla PKD 24.42 i 76 tys. EUR dla 24.43 (SBS 2024). Wyższa wartość R3 odzwierciedla kapitałochłonność hutnictwa; sprawozdanie roczne Orła Białego za 2024 r. daje 177 tys. EUR na pracownika. Wydajność w R1/R2 wynika ze stosunku udziałów wartościowego i zatrudnieniowego, więc nie stanowi niezależnego testu.
- **Kwestie otwarte.** (i) Dane o przychodach, zatrudnieniu i tonażu według materiałów w firmach wielomateriałowych; (ii) tonaże zakładowe za 2024 r. dla aluminium i ołowiu wtórnego; (iii) zatrudnienie w hutach KGHM i udział złomu we wsadzie; (iv) ślad węglowy drogi Waelz w Polsce.

8.2 Ograniczenia

- **Założenia modelu input–output.** Stałe współczynniki techniczne, brak ograniczeń mocy i zmian cen; tablicę FIGARO 2023 (produkt × produkt) zastosowano do aktywności z 2024 r.
- **Różne podstawy wyceny.** Bezpośrednia WDB pochodzi z SBS (koszt czynników produkcji), efekty pośrednie i indukowane – w cenach bazowych; różnica ok. 2–3%.
- **Wybory strukturalne.** Pasma P5–P95 obejmują wyłącznie parametry; stopień substytucji, ujęcie złomu nowego i zastępowana droga pierwotna są testowane osobno (podrozdział 6.3).
- **Szacunki brutto i statyczne.** Bez efektów wypierania, cenowych i efektu odbicia (dodatkowa podaż wtórna może obniżać ceny i zwiększać zużycie); jeden rok bazowy.
- **Udziały alokacyjne nie są obserwowane.** Udział metali nieżelaznych w firmach wielomateriałowych oszacowano na podstawie udziałów wartościowych i masowych.
- **Złom nowy i stary.** Statystyka publiczna nie rozdziela złomu poprodukcyjnego i pożytkowego; uniknięte emisje obejmują oba rodzaje (rozdział 6).
- **Bilans handlu.** Podaż A = C + X − M zakłada, że złom importowany jest zużywany w Polsce; reeksport się znosi.
- **Różne roczniki danych.** Wskaźniki emisji (2021–2025) i energii (oparte na ecoinvent, 2014) pochodzą z różnych lat i metod.
- **Produkcja wtórna.** Tonaże zakładowe za 2024 r. nie są publikowane dla wszystkich producentów; produkcję aluminium i ołowiu wtórnego oszacowano w zakresach.

09 Scenariusze do 2030 i 2035 r.

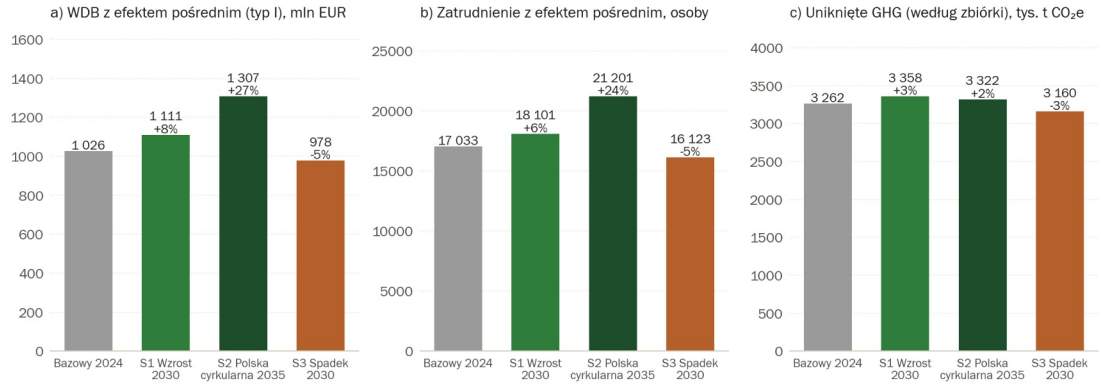
Cztery scenariusze sprawdzają, jak wkład branży reaguje na warunki rynkowe i regulacyjne. Wszystkie wyrażono w stałych cenach 2024 r. i policzono tym samym modelem. Krajową podaż złomu zadano egzogenicznie, strukturę handlu przyjęto jak w 2024 r., a bilans domyka import; ślad drogi pierwotnej i wtórnej maleje w czasie. Scenariusze są projekcjami warunkowymi, a nie prognozami: zakładają, że niezbędne inwestycje, pozwolenia i dostawy złomu zostaną zrealizowane.

TABELA 13 Założenia scenariuszy i przepływy fizyczne (tys. t)

Scenariusz	Opis	Wtórne Al / Cu	Podaż Al / Cu	Import złomu Al / import złomu Cu
Bazowy 2024	Stan obserwowany 2024	260 / 135	397 / 115	230 / 152
S1 Wzrost 2030	Podaż +10%; modernizacje Hydro/Grupy Kęty; program złomowy KGHM; struktura handlu jak w 2024; ślad pierwotny −8%, wtórny −10%	300 / 170	436 / 127	270 / 220
S2 Polska cyrkularna 2035	Podaż +25–30% (sortowanie PWE/ZSEE); nowe moce Al; huta recyklingowa KGHM Legnica (wsad niskoprocentowy, uzysk 0,6); struktura handlu jak w 2024; ślad −20% / −25%	380 / 220	496 / 150	353 / 340
S3 Spadek 2030	Podaż +5%; presja kosztów energii i zamknięcia mocy; struktura handlu jak w 2024; ślad pierwotny −8%	210 / 120	416 / 121	168 / 132

Źródło: IGMNiR NF-REC-PL v1.3. Aktywność podstawowa (zbiórka/handel/przetwarzanie) skaluje się z wartością rynkową złomu zebranego w Polsce. S1 i S2 wymagają większych zakupów złomu (krajowego i importowanego), a S2 – nowych mocy przetopu aluminium ponad 205 tys. t potwierdzonych w zakładach Hydro; są to warunki wstępne, a nie wyniki.

RYSUNEK 18 Wyniki scenariuszy



Źródło: IGMNiR NF-REC-PL; stałe ceny 2024; założenia w tabeli scenariuszy; ślad drogi pierwotnej i wtórnej maleje w czasie.

Ekonomicznie różnica między ścieżką wzrostu a ścieżką spadku jest duża: do 2035 r. scenariusz S2 dodaje 281 mln EUR WDB z łańcuchem dostaw i 4 168 miejsc pracy, a S3 zmniejsza WDB o 49 mln EUR. Obraz klimatyczny jest inny. Uniknięte emisje według zbiórki zmieniają się niewiele (3,26 → 3,32 mln t), ponieważ wzrost zbiórki równoważy dekarbonizacja metalu pierwotnego; miejsce przetopu złomu nie zmienia korzyści klimatycznej. Przetop w Polsce rośnie wraz z nowymi mocami – z 2,66 do 3,24 mln t unikniętych emisji. O wynikach ekonomicznych decydują moce i inwestycje, o klimatycznych – zbiórka i sortowanie.

10 Wnioski i rekomendacje

Wyniki opisują branżę, której działalność zależy od dostępu do złomu odpowiedniej jakości, konkurencyjnych kosztów energii i sprawnych procedur, w ramach zintegrowanego europejskiego rynku złomu. Rekomendacje dotyczą zwiększenia zbiórki, lepszego sortowania i równych warunków konkurencji dla mocy przetwórczych. IGMNiR proponuje siedem działań.

01 **Uwzględnić recykling MN w krajowym wdrożeniu CRMA** – wprost ująć moce wtórne aluminium i miedzi w aktualizacji Polityki Surowcowej Państwa i w ustawie wdrażającej CRMA.

02 **Koszty energii** – zapewnić hutom wtórnym klasyfikowanym w PKD 24.42–24.44 skuteczny dostęp do istniejącego systemu rekompensat kosztów pośrednich i długoterminowych umów na energię odnawialną; energia jest mniejszą pozycją kosztów niż złom, ale w latach niskich cen decyduje o marżach (w 2024 r. producenci cynku z grupy Stalprodukt otrzymali ok. 122 mln zł rekompensat kosztów energii).

03 **Szybsze pozwolenia dla mocy recyklingowych** – ubiegać się o status projektu strategicznego CRMA tam, gdzie to możliwe, a dla pozostałych instalacji przetopu, rafinacji i sortowania wprowadzić krajowe terminy i jeden punkt kontaktowy, z jasnymi wymaganiami przeciwpożarowymi i zabezpieczeń finansowych dla placów złomu.

04 **Technologie sortowania i jakość złomu** – współfinansować z funduszy UE sortowanie sensorowe (LIBS, XRF, prześwietlenie rentgenowskie) pojazdów wycofanych z eksploatacji, ZSEE i opakowań oraz wspierać normy jakości dla poszczególnych stopów i unijne kryteria utraty statusu odpadu, by podnosić polski złom do jakości stopów do przeróbki plastycznej.

05 **Premiować zawartość recyklatu** – wykorzystać zielone zamówienia publiczne oraz przyszłe kryteria ELV i wyrobów budowlanych do premiowania metalu niskoemisyjnego i wtórnego, w tym jasne zasady uwzględniania zawartości metalu z recyklingu w obliczeniach emisji wbudowanych w CBAM.

06 **Zbiórka odpadów zawierających metale** – usprawnić zbiórkę i wstępne przetwarzanie ZSEE, pojazdów wycofanych z eksploatacji, kabli i zużytych baterii, w tym przygotowanie do wymogów odzysku ołowiu i zawartości recyklatu w rozporządzeniu bateryjnym (UE) 2023/1542.

07 **Kompetencje** – programy kształcenia zawodowego w metalurgii, sortowaniu i kontroli jakości w klastrach śląskim, dolnośląskim i lubuskim.

A Źródła danych i ich wiarygodność

TABELA 14 Źródła danych i klasy wiarygodności

Źródło	Zakres	Okres	Klasa
Eurostat SBS (sbs_ovw_act, sbs_r_nuts2021)	Przedsiębiorstwa, zatrudnienie, przychody, WDB wg klas PKD i regionów	2021–2024	A
Eurostat waste statistics (env_wasgen, env_wastrt)	Odpady MN wytworzone i poddane recyklingowi; materiały odzyskane	2010–2024	A
Eurostat Comext (DS-045409)	Handel złomem i metalami wg kodów CN i partnerów	2015–2025	A
Eurostat FIGARO (naio_10_fcp_ip4)	Międzynarodowa tablica przepływów, blok krajowy PL	2023	A
Eurostat national accounts (nama_10_a64, _e)	Produkcja i zatrudnienie wg działów A64	2022–2024	A
IGSMiE PAN (2025) / PIG-PIB	Produkcja, handel i zużycie metali w Polsce	2015–2024	A
World Bank Pink Sheet; Eurostat ert_bil_eur_a	Ceny metali; kursy walut	2023–2026	A
OECD Taxing Wages 2025	Klin podatkowy	2024	A
EEA; EC climate-proofing guidance (EIB)	Ceny emisji	2024–2025	A
Nuss & Eckelman (2014), PLoS ONE	LCA metali (recenzowane)	2014	A
European Aluminium EPR 2024; IAI; ICA; IZA; ILA; ITA	Wskaźniki emisji pierwotne/wtórne	2021–2025	B
KGHM, Hydro, Grupa Kęty, Gränges, Boryszew, Orzeł Biały, Stalprodukt (incl. ESG/ESRS statements)	Produkcja wtórna, moce, zatrudnienie, emisje	2022–2026	B
RWI (2025) for BDSV; EuRIC; KU Leuven for Eurometaux (2022)	Punkty odniesienia	2020–2025	B
Prasa branżowa (Fastmarkets, S&P Global, Mining Weekly)	Stan prac nad środkami UE	2025–2026	C

Klasa A: statystyka publiczna, prawo UE, publikacje recenzowane, sprawozdania finansowe; B: publikacje stowarzyszeń branżowych i spółek; C: media – wyłącznie dla statusu środków w toku.

B Parametry modelu

TABELA 15 Parametry niepewne: wartość centralna i zakres rozkładu trójkątnego

Parametr	Centralna	Niska	Wysoka	Źródło / podstawa
s_trade_val	0,400	0,300	0,450	NF share of market value of materials recycled in PL 2024: Eurostat env_wastrt x Comext unit values (A, IGMNiR calc.)
s_trade_emp	0,240	0,100	0,400	Blend of value (0.40) and tonnage (0.08) shares (C)
s_proc_val	0,240	0,150	0,400	Blend of value and tonnage shares for NACE 38.3 (C)
s_proc_emp	0,150	0,060	0,240	38.3 incl. labour-intensive municipal sorting with negligible NF content (C)
S_Al	260,0	210,0	320,0	Capacity balance: Hydro 205 kt cap. x 0.8-0.9 less primary/Si correction; Grupa Kety; Granges; 23.4 kt unalloyed; upper bound PRODCOM 24421154 304 kt sold (A/B)
S_Cu	135,0	110,0	160,0	KGHM 159 kt Cu scrap processed 2024 (dry) x Cu content; Cu-alloy remelters e.g. WM Dziedzice brass 20 kt (B)
S_Pb	80,0	65,0	100,0	Battery recyclers (W0841 HAZ 88.6 kt x 0.6 = 53 kt + Pb scrap 7802; Orzel Bialy 64.9 + Baterpol 32.8 kt sold) + HC Miasteczko Slaskie 14.8 kt refined lead from secondary oxides 2024 (Stalprodukt Q4-2024 report) (A/B)
S_Zn	87,0	75,0	100,0	Stalprodukt group 2024: Zn 153.8 kt x 56.4% feed from residues (Waelz oxide from EAF dust, imported oxides, zinc-bearing dusts); HCM 100% secondary oxides (Stalprodukt annual reports 2023-2024) (A/B)
S_Sn	4,76	4,50	5,00	IGSMiE PAN 2025 p.65-66: 4,757 t, 100% secondary (A)
y_Al	0,850	0,800	0,920	Boin & Bertram (2005) JOM 57(8); post-consumer 0.80-0.88, process scrap 0.95 (A/B)
y_Cu	0,780	0,650	0,880	KGHM scrap mix; ICSG (B)
y_Pb	0,600	0,550	0,650	ILA: Pb content of spent lead-acid batteries 60-65% (B)
y_Zn	0,550	0,500	0,600	Zn content of Waelz oxide (B)
y_Sn	0,750	0,600	0,900	IGMNiR assumption, solder/tin scrap (C)
p_Al	2 400,0	2 235,0	2 600,0	World Bank 2024: 2,419 USD/t + foundry-alloy premium (A)
p_Cu	8 446,0	8 000,0	8 800,0	World Bank 2024: 9,142 USD/t (A)
p_Pb	1 911,0	1 800,0	2 050,0	World Bank 2024: 2,069 USD/t (A)
p_Zn	2 565,0	2 400,0	2 700,0	World Bank 2024: 2,776 USD/t (A)
p_Sn	27 777,0	26 000,0	29 500,0	World Bank 2024: 30,066 USD/t (A)
g_Al	0,080	0,060	0,120	Alumetal FY2022 annual report: (EBITDA+personnel)/revenue 11.7% (record year) (A)
g_Cu	0,070	0,050	0,100	refining margin of scrap-based cathode (C)
g_Pb	0,200	0,140	0,220	Orzel Bialy 2024: 21%; 2025: 22% (A)
g_Zn	0,190	0,150	0,250	Stalprodukt zinc segment 2024: (segment result + depreciation + est. personnel costs)/revenue, excl. energy-cost compensation 19%, incl. 25% (A/C)
g_Sn	0,060	0,040	0,100	IGMNiR assumption (C)
j_Al	2,40	1,80	3,20	Alumetal FY2022: 628 staff / 247.8 kt; Hydro plants 2025-26 (A/B)
j_Cu	5,00	3,00	8,00	scrap share of Legnica/Glogow staffing (C)
j_Pb	3,00	2,50	4,50	Orzel Bialy 2024: 191 staff / 64.9 kt (A)
j_Zn	13,0	10,0	15,0	ZGH group headcount 2,425 (end-2023) / $_{150\ kt\ Zn;\ core\ smelting}$ 13 jobs/kt (Stalprodukt AR 2023) (A/C)
j_Sn	15,0	10,0	20,0	IGMNiR estimate, small refiners (C)
apc	0,880	0,800	0,950	average propensity to consume out of net labour income (C)

Parametr	Centralna	Niska	Wysoka	Źródło / podstawa
tau	0,347	0,335	0,360	OECD Taxing Wages 2025, Overview Table 1.2: single worker without children at average wage, Poland 2024 (A)
ec_scale	1,00	0,900	1,10	uncertainty of employment coefficients (product/industry mismatch) (C)
taxable_share_gos	0,450	0,300	0,600	GOS net of depreciation, interest and losses; IGMNiR assumption (C)
efp_Al	10,1	6,60	14,8	European Aluminium EPR 2024 v2.0 p.5 (EU consumption mix 2023); low EU-produced; high IAI 2023 global (B)
efs_Al	0,900	0,420	1,40	refining of post-consumer scrap: EA EPR 2024 0.415 + preparation; Nuss & Eckelman 2014 1.4 (A/B)
efp_Cu	3,64	1,69	3,96	ICA global cathode 2023 data (via Aurubis EFD 2026); low = KGHM cathode 2024 (counterfactual domestic) (B)
efs_Cu	1,80	0,440	2,10	Nuss & Eckelman 2014 SI Tab.S38 (A)
efp_Pb	2,40	1,63	2,80	Nuss & Eckelman 2014 (A)
efs_Pb	0,700	0,400	0,800	Nuss & Eckelman 2014; ILA (A/B)
efp_Zn	3,50	3,03	4,40	IZA LCA 2023 (B)
efs_Zn	5,00	4,30	6,00	Stalprodukt ESRS 2024: Scope 1+2 (location-based) of ZGH and HCM $_{5.1\ t\ CO2e/t\ Zn;\ ISP/Waelz\ route}$ 5-6, electrolysis ~4.3 (A/B, derived)
efp_Sn	5,92	5,92	6,63	ITA 2024 via Aurubis EFD (B)
efs_Sn	2,53	1,00	2,79	Aurubis Beerse 2025 (B)
enp_Al	194,0	170,0	210,0	Nuss & Eckelman 2014 (A)
ens_Al	20,0	10,0	24,0	Nuss & Eckelman 2014, post-consumer scrap 23.8 (A)
enp_Cu	59,3	45,0	65,0	Nuss & Eckelman 2014 (A)
ens_Cu	28,1	22,0	32,0	Nuss & Eckelman 2014 (A)
enp_Pb	28,0	24,0	32,0	Nuss & Eckelman 2014 (A)
ens_Pb	12,0	6,00	14,0	Nuss & Eckelman 2014; BIR 2008 (A/B)
enp_Zn	54,4	45,0	60,0	Nuss & Eckelman 2014 (A)
ens_Zn	53,8	45,0	80,0	Stalprodukt 2023: ZGH group ~53.8 GJ/t Zn (A/B, derived)
enp_Sn	321,0	280,0	340,0	Nuss & Eckelman 2014 (A)
ens_Sn	58,0	30,0	70,0	Aurubis Beerse 2025 (B)
salt_slag	0,250	0,150	0,500	t salt slag per t secondary Al (rotary-furnace share) (C)
eua	64,8	60,0	74,0	EEA: EU ETS average 2024; high ESMA 2025 average (A)
scc	165,0	130,0	250,0	EIB shadow cost of carbon 2025 (2016 prices), OJ C 373/2021 Tab.5-6 (A)

Jednostki: s_, g_, apc, tau, taxable_share_gos udziały; ec_scale indeks; S_ tys. t metalu; y_ t metalu/t złomu; p_ EUR/t; j_ miejsca pracy na tys. t; efp_/efs_ t CO_2e/t; enp_/ens_ GJ/t; salt_slag t/t; eua, scc EUR/t CO_2e. Grupy skorelowane (kopuła Gaussa): udziały alokacyjne ρ=0,8; ceny ρ=0,6; wskaźniki WDB ρ=0,5; EF i energia Al i Zn wtórnego ρ=0,8. Stałe: CIT 19%; koszt pracy na miejsce pracy Al 30, Cu 48, Pb 45, Zn 29, Sn 27 tys. EUR. Opisy źródeł podano w brzmieniu z kodu modelu (params.py), w języku angielskim.

C Zweryfikowane instalacje

TABELA 16 Instalacje recyklingu MN i produkcji metali wtórnych przedstawione na mapie

#	Instalacja	Lokalizacja	Metal	Działalność	Moce / produkcja
1	Hydro Aluminium Kęty (ex-Alumetal)	Kęty (małopolskie)	Al	Przetop złomu na wtórne stopy odlewnicze	87.5 kt/yr
2	Hydro Aluminium Gorzyce (ex-Alumetal)	Gorzyce (podkarpackie)	Al	Przetop złomu na stopy odlewnicze i wstępne	57.5 kt/yr
3	Hydro Aluminium Nowa Sól (ex-Alumetal)	Nowa Sól (lubuskie)	Al	Sortowanie złomu (LIBS) i przetop	60 kt/yr alloys; 120 kt/yr sorting
4	Grupa Kęty – foundry	Kęty (małopolskie)	Al	Przetop złomu na wlewki do wyciskania	>30 kt scrap/yr
5	Gränges Konin	Konin (wielkopolskie)	Al	Centrum recyklingu i odlewania; walcownia	100-140 kt/yr rolled
6	KGHM – Huta Miedzi Legnica	Legnica (dolnośląskie)	Cu	Hutnictwo miedzi z udziałem złomu; projekt strategiczny CRMA – huta recyklingowa	135 kt Cu/yr target (2030)
7	KGHM – Huta Miedzi Głogów I & II	Żukowice (dolnośląskie)	Cu	Hutnictwo i elektrorafinacja (wsad własny i obcy)	~470 kt/yr cathode
8	Walcownia Metali Dziedzice (Boryszew)	Czechowice-Dziedzice (śląskie)	Cu	Przetop m.in. złomu na półwyroby z miedzi i mosiądzu	n/a
9	Baterpol – battery processing	Świętochłowice (śląskie)	Pb	Rozdrabnianie i przerób akumulatorów kwasowo-ołowiowych	70 kt/yr battery scrap
10	Baterpol – lead plant	Katowice-Szopienice (śląskie)	Pb	Wytop i rafinacja ołowiu	incl. above
11	Orzeł Biały	Piekary Śląskie (śląskie)	Pb	Recykling złomu akumulatorowego na ołów rafinowany i stopy	~100 kt/yr battery scrap
12	HC Miasteczko Śląskie (Stalprodukt group)	Miasteczko Śląskie (śląskie)	Zn	Huta ISP Zn-Pb pracująca w 100% na tlenkach wtórnych (2024)	14.8 kt refined Pb (2024)
13	ZGH Bolesław (Stalprodukt group)	Bukowno (małopolskie)	Zn	Cynk elektrolityczny (ok. 40% wsadu wtórnego w 2024) i piece Waelz do przerobu pyłów stalowniczych	130 kt/yr Zn & alloys; group Zn 153.8 kt (2024)
14	Fenix Metals	Chmielów (podkarpackie)	Sn	Rafinacja cyny wtórnej	share of 4.76 kt (PL 2024)
15	Elemental Strategic Metals (POLVOLT)	Zawiercie (śląskie)	PGM/ Ni/Co	Rafinacja PGM; recykling baterii (projekt strategiczny CRMA)	1 050 t PGM-bearing material (2025)

Źródła wg pliku data/facilities.csv (strony i raporty spółek, IGSMiE PAN 2025, Komisja Europejska). Lista nie jest wyczerpująca: nie pokazano setek punktów zbiórki i sortowni.

D Granice systemu i słownik

RYSUNEK 19 Granice systemu modelu

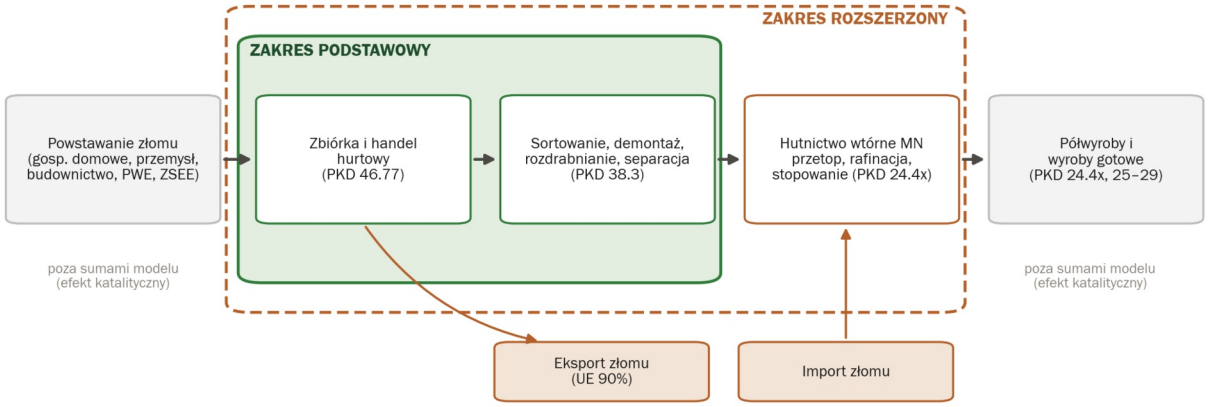


TABELA 17 Słownik

Termin	Znaczenie
WDB	Wartość dodana brutto w cenach bazowych = produkcja − zużycie pośrednie
Typ I / typ II	Mnożniki z efektem łańcucha dostaw (I) oraz dodatkowo wydatków gospodarstw domowych (II)
FIGARO	Międzynarodowe tablice przepływów międzygałęziowych Eurostatu i JRC
HHI	Indeks koncentracji Herfindahla–Hirschmana
CRMA	Rozporządzenie o surowcach krytycznych (UE) 2024/1252
WSR	Rozporządzenie o przemieszczaniu odpadów (UE) 2024/1157
CBAM	Mechanizm dostosowywania cen na granicach z uwzględnieniem emisji CO_2
PWE / ELVR	Pojazdy wycofane z eksploatacji / rozporządzenie (UE) 2026/1738
ZSEE	Zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny
EF	Wskaźnik emisji, t CO_2e na t metalu
Waelz	Proces w piecu obrotowym odzyskujący tlenek cynku z pyłów stalowniczych
P5 / P50 / P95	Percentyle rozkładu Monte Carlo

Bibliografia

Aurubis AG (2026), Environmental product declaration – copper cathode and tin (citing ICA 2023 and ITA 2024 data).

Council of the European Union (2025), 16th package of restrictive measures against Russia, 24 February 2025.

European Aluminium (2020), Circular Aluminium Action Plan. Brussels.

European Aluminium (2024), Environmental Profile Report 2024, version 2.0. Brussels.

European Commission (2021), Technical guidance on the climate proofing of infrastructure in the period 2021–2027, OJ C 373, 16.9.2021.

European Commission (2025), The Clean Industrial Deal, COM(2025) 85; European Steel and Metals Action Plan, COM(2025) 125.

European Commission, DG TAXUD (2025), Surveillance of imports and exports of metal scrap, 23 July 2025.

European Environment Agency (2025), EU Emissions Trading System data and average allowance prices.

EuRIC (2020), Metal Recycling Factsheet. Brussels.

Eurostat (2026), Structural business statistics; Waste statistics; Comext DS-045409; FIGARO inter-country input–output tables (naio_10_fcp_ip4); National accounts (nama_10_a64); GISCO NUTS 2021.

Fraser of Allander Institute (2024), The Aluminium Industry in the UK. University of Strathclyde for ALFED.

Gregoir L. (KU Leuven) (2022), Metals for Clean Energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge. Eurometaux.

IGSMiE PAN – Lewicka E., Szlugaj J. (eds.) (2025), Gospodarka surowcami mineralnymi w Polsce w latach 2015–2024. Kraków.

International Aluminium Institute (2023), Aluminium recycling factsheet; GHG emissions data.

International Copper Association (2023), Copper environmental profile.

International Zinc Association (2023), Life cycle assessment of special high grade zinc.

KGHM Polska Miedź S.A. (2025, 2026), Strategy summary for 2024; Q4/FY2025 results presentation.

KOBiZE (2025), Wskaźniki emisyjności CO_2 dla energii elektrycznej (2024 data); National inventory report.

Miller R.E., Blair P.D. (2022), Input–Output Analysis: Foundations and Extensions, 3rd ed. Cambridge University Press.

Nuss P., Eckelman M.J. (2014), Life Cycle Assessment of Metals: A Scientific Synthesis. PLoS ONE 9(7): e101298.

OECD (2025), Taxing Wages 2025. Paris: OECD Publishing.

Regulation (EU) 2023/956 (CBAM); Regulation (EU) 2024/1157 (waste shipments); Regulation (EU) 2024/1252 (CRMA); Regulation (EU) 2026/1738 (ELV).

Stalprodukt S.A. (2024, 2025, 2026), Sprawozdanie Zarządu z działalności Grupy Kapitałowej Stalprodukt za lata 2023, 2024 i 2025, wraz z oświadczeniem o zrównoważonym rozwoju (ESRS) oraz skonsolidowanymi sprawozdaniami finansowymi; raporty kwartalne 2024–2025. Bochnia.

Rothgang M., Dehio J., Janßen-Timmen R. (RWI) (2025), Economic Significance of the Steel Scrap Recycling Industry. Study for BDSV, Essen.

Uchwała nr 39 Rady Ministrów z dnia 1 marca 2022 r. w sprawie przyjęcia polityki surowcowej państwa, M.P. 2022 poz. 371.

World Bank (2026), Commodity Price Data (The Pink Sheet), annual and monthly series.

IGMNiR
Economic Chamber of Non-Ferrous Metals and Recycling

Izba Gospodarcza Metali Nieżelaznych i Recyklingu

Economic Chamber of Non-Ferrous Metals and Recycling

NF-REC-PL to otwarty, odtwarzalny model łączący statystykę publiczną Polski i UE z metalurgią procesową recyklingu. Szacuje wkład brutto zbieraczy, przetwórców złomu metali nieżelaznych i hut wtórnych w gospodarkę, uniknięte emisje gazów cieplarnianych i zaoszczędzoną energię oraz znaczenie branży dla dostaw metali strategicznych.

SUGEROWANY SPOSÓB CYTOWANIA

IGMNiR (2026), Znaczenie recyklingu złomu metali nieżelaznych dla gospodarki Polski. Zintegrowany model korzyści NF-REC-PL, listopad 2026.