



Ryszard UBERMAN\*, Joanna KULCZYCKA\*\*, Marcin CHOLEWA\*\*\*

## **Potrzeba i możliwości prognozowania zapotrzebowania polskiej gospodarki na surowce mineralne**

Streszczenie: Prognozy zapotrzebowania na surowce mineralne są niezbędne dla formułowania polityki surowcowej i strategii rozwoju gospodarczego państwa. Na podstawie analizy dokumentów urzędowych określających stan i kierunki rozwoju gospodarczego kraju uzasadniono celowość prowadzenia prac nad metodologią oraz sporządzeniem prognoz zapotrzebowania na surowce mineralne zarówno krótkookresowych, jak i w dalszej perspektywie czasu.

W tym celu podjęto próby wykorzystania metod opartych na modelach ekonometrycznych, w szczególności trendu klasycznego, trendu pełzającego i związków przyczynowo-skutkowych. W tych ostatnich modelach sprawdzono możliwość prognozowania zapotrzebowania na surowce mineralne w zależności od wybranych wskaźników makroekonomicznych.

Dla wybranych 23 surowców mineralnych sporządzono prognozy do 2020 i 2030 roku i określono dla ustalonego poziomu wiarygodności zakres ich kształtowania się. Wyniki prac podsumowano, postulując konieczność kontynuowania i doskonalenia metodologii oraz weryfikacji i korekty sporządzonych prognoz.

Słowa kluczowe: surowce mineralne, polityka surowcowa, prognozowanie

## **Forecasting the demand of the polish economy on mineral raw materials – necessity and possibility**

Abstract: Forecasts of the demand for mineral raw materials are necessary for the formulation of mineral policy and the economic development strategy of State. The purpose for working on the methodology and forecast of the demand forecasts for mineral raw materials, both in the short-term and the long term was indicated based on the analysis of official documents defining the status and trends of the economic development of the country.

The proposed methods were based on econometric models, in particular the classic and creeping trends and the cause-effect relation. In the latter, the possibility of forecasting the demand for raw materials based on relation with selected macroeconomic indicators was tested.

\* Prof. dr hab. inż., \*\* Dr hab., \*\*\* Mgr, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków.

For the selected group of 23 mineral raw materials demand forecasts for 2020 and 2030 with the level of credibility were presented. The final conclusion indicated the need to continue and improve the methodology and verification and adjustments of forecast for the demand of raw minerals.

Keywords: mineral raw materials, mineral policy, forecasting

## Wprowadzenie

Surowce mineralne odgrywają znaczącą rolę w rozwoju gospodarczym i cywilizacyjnym każdego kraju. Szacowanie wielkości ich zapotrzebowania jest niezbędne dla kształtowania polityki surowcowej, która jest ważną częścią strategii rozwoju gospodarczego kraju. Szczególnie jest to istotne w sytuacji ograniczonych możliwości zaspokajania potrzeb z własnych źródeł i konieczności korzystania z importu, co przy monopolistycznej polityce niektórych producentów powodować może zakłócenia gospodarcze. W Polsce, pomimo że jesteśmy krajem zasobnym w wiele kopalin i wytwarzanych na ich bazie surowców i produktów, to dotychczas wszelkie sprawy związane z polityką surowcową nie zostały zapisane w oficjalnym rządowym dokumencie poświęconym wyłącznie tej kwestii. Brak polityki surowcowej kraju dla mineralnych surowców nieenergetycznych (Polityka... 2030) wynika również z faktu, że aby opracować strategię (politykę) surowcową należy najpierw dysponować strategią rozwoju gospodarki, a szczególnie jej bazy wytwórczej (Hausner 2015). Strategia taka jest obecnie dopiero przygotowywana (Strategia... 2016). Obejmuje ona również Plan działań na rzecz zabezpieczenia podaży nieenergetycznych surowców mineralnych (Surowce... 2016). Dla sporządzenia takiego Planu działań (Projekt Ministerstwa Rozwoju zakłada jego opracowanie do 2020 r.) niezbędna jest kompleksowa analiza popytu i podaży surowców mineralnych oraz sformułowanie prognoz zapotrzebowania w perspektywie co najmniej średniookresowej (do 2030 r.).

Dotychczas w Polsce tylko w sporadycznych przypadkach i tylko w odniesieniu do niektórych surowców (np. energetycznych oraz skalnych dla budownictwa i drogownictwa) formułowano długoterminowe prognozy zapotrzebowania z analizą źródeł ich pokrycia. Również literatura jest w tym zakresie uboga, zarówno jeśli chodzi o metodologię prognozowania, jak i sformułowania prognozy. Próby modelowania zużycia niektórych metali podejmowano w projekcie badawczym *Foresight Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego rud miedzi i surowców towarzyszących w Polsce*, a nieenergetycznych surowców mineralnych w publikacjach m.in. Kudelko (Kudelko i in. 2008), Galosa i Lewickiej (2016), Galosa i Szamałka (2011) oraz Machniaka (2015). Prognozy krótkoterminowe, tj. 2–3 letnie popytu i podaży surowców są opracowywane przez duże firmy doradcze, banki, agencje czy stowarzyszenia producentów, np. Roskill, Bloomberg, International Copper Study Group, na podstawie przewidywanego rozwoju mocy wytwórczych, np. budowanych hut i planowanych likwidacji. Tendencje (nie ilościowe, tylko kierunki zmian) kształtowania się zapotrzebowania na surowce mineralne sformułowano w ekspertyzie pt. *Przygotowanie analizy: Identyfikacja surowców kluczowych dla polskiej gospodarki* (Kulczycka i in. 2015) na podstawie wyników ankiet skierowanych do producentów wyrobów wykorzystujących surowce mineralne, a także na podstawie opinii ekspertów.

Próbę sporządzenia prognoz ilościowych zapotrzebowania na wybrane nieenergetyczne surowce mineralne z wykorzystaniem metod modelowania ekonometrycznego podjęto

w pracy Ubermana (2016). Syntetyczne wyniki tej pracy wraz z uwagami i postulatami zawiera niniejszy artykuł.

## 1. Metody prognozowania zapotrzebowania na surowce mineralne

Racjonalne kierowanie gospodarką wymaga dysponowania kompleksowymi, w miarę dokładnymi informacjami – również o surowcach mineralnych – dotyczącymi nie tylko przeszłości, stanu aktualnego, ale również wybiegającymi w przyszłość. Wynika stąd szczególna rola predykcji rozumianej jako ogół zasad i metod wnioskowania o przyszłości na podstawie określonych modeli ekonometrycznych lub innych sposobów opisujących kształtowanie się danej działalności w przeszłości. Konkretnym rezultatem predykcji jest prognoza. W praktyce stosowanych jest kilka metod prognozowania, w tym z wykorzystaniem modeli ekonometrycznych. Spośród nich wymienić należy modele:

- tendencji rozwojowej (trendy klasyczne),
- adaptacyjne (trendy pełzające),
- związków przyczynowo-skutkowych.

W prognozowaniu zapotrzebowania na surowce mineralne wykorzystuje się także metody:

- wskaźnikowe,
- porównań międzynarodowych,
- eksperckie.

Prognozowanie na podstawie oceny tendencji rozwojowej polega na dopasowaniu (aproksymacji) do rzeczywistego przebiegu zjawiska w czasie znanej funkcji (modelu matematycznego). Najczęściej wykorzystuje się najprostsze funkcje trendu np.

- liniową  $y = at + b$
- paraboliczną  $y = at^2 + b$
- wykładniczą  $y = ae^{bt}$

i inne.

Dla uzyskania wielkości prognozowanej dokonuje się ekstrapolacji modelu.

W ostatnim okresie upowszechniło się wykorzystanie modeli adaptacyjnych do prognozowania (Bartosiewicz 1978). Charakteryzują się one tym, że nie zakłada się *a priori* postaci analitycznej modelu, lecz jest ona wynikiem zastosowania pewnych algorytmów „wygładzających”, stąd obserwowany jest faktycznie związek zmiennej objaśnianej z objaśniającymi. Spośród modeli adaptacyjnych w prognozowaniu przydatne są metody trendu pełzającego, szczególnie wtedy, gdy trudno jest aproksymować kształtowanie się w czasie badanej zmiennej przy wykorzystaniu prostych modeli analitycznych.

Prognozowanie z wykorzystaniem modeli związków (korelacji) przyczynowo-skutkowych sprowadza się do poszukiwania zależności podstawowych cech opisujących zjawisko (w tym przypadku zapotrzebowania na surowce) z cechami determinującymi ich kształtowanie się. Stwierdzone metodami statystyki matematycznej zależności (korelacje) aproksymuje się równaniami regresji, przy czym są to zwykle proste funkcje, podobnie jak dla trendu, chociaż w przypadku oddziaływania kilku czynników na zmienną objaśnianą można stosować do aproksymacji równanie regresji wielorakiej.

Gdy stosowanie modeli: tendencji rozwojowej (trendów), związków przyczynowo-skutkowych (równań regresji) lub modeli adaptacyjnych prognozy jest mało wiarygodne, to

sporządza się oceny opierając się na analizie i porównaniu wskaźników (np. zużycia kruszywa drogowego na kilometr długości drogi, porównanie wskaźników zużycia za granicą np. zużycie kruszyw budowlanych na mieszkańca w krajach UE). Często, zwłaszcza, gdy chodzi o określenie kierunków (tendencji) zapotrzebowania, wykorzystuje się opinie eksperckie. W odróżnieniu od prognozowania na podstawie modeli ekonometrycznych, czy nawet metod wskaźnikowych, znane w Polsce opinie nie konkretyzują zwykle prognoz ilościowych, kreśląc tylko tendencje (wzrostową, spadkową, czy też stabilną).

Zaletą prognoz wykorzystujących modele ekonometryczne jest możliwość oszacowania błędu prognozy, co jednak wymaga stosowania procedur z zakresu statystyki matematycznej, dotyczących estymacji modeli. Ponieważ z natury rzeczy, każda prognoza zwłaszcza sporządzona na dłuższy horyzont czasowy jest tylko przewidywaniem (zwykle odbiega od stanu faktycznego), konieczna jest ich systematyczna weryfikacja i uściślanie w miarę uzyskiwanych informacji o realizacji prognozowanej wielkości.

## **2. Zapotrzebowanie na mineralne surowce nieenergetyczne jako przedmiot modelowania ekonometrycznego i prognozowania**

Przedmiotem modelowania ekonometrycznego i prognozowania zapotrzebowania przez polską gospodarkę są 23 mineralne surowce nieenergetyczne (Uberman 2016). Wykaz tych surowców jest w dużej mierze zbieżny z przygotowaną listą tzw. surowców kluczowych dla polskiej gospodarki (Kulczycka i in. 2015), a także pokrywa się w znacznej części z innymi klasyfikacjami np. surowców krytycznych ustalonymi przez UE.

Podstawową kwestią modelowania ekonometrycznego jest ustalenie wiarygodnych informacji o kształtowaniu się zużycia tych surowców w przeszłości, co warunkuje przydatność uzyskanych modeli dla prognozowania zapotrzebowania w przyszłości. W pracy Kulczyckiej (Kulczycka i in. 2015) i w niniejszym artykule wykorzystano dane o zużyciu surowców mineralnych zestawione w opracowaniu Bilans gospodarki surowcami mineralnymi Polski i świata (Bilans gospodarki 2015), uzupełniając je dla surowców tam nieuwzględnionych o dane zaczerpnięte z GUS i Bilansu Zasobów Złóż Kopalini i Wód Podziemnych (Bilans Zasobów 2016). Badaniami objęto zużycie wymienionych surowców w latach 2005–2014 (tab. 1). Na marginesie należy zaznaczyć, że wykazane w tab. 1 wielkości nie obejmują całkowitego zapotrzebowania, co wynika z kilku przyczyn, przede wszystkim ze sposobu ujmowania zużycia w statystykach, w których nie podaje się zużycia surowców w importowanych podzespołach i komponentach montowanych i stosowanych do produkcji w polskiej gospodarce. Nie podaje się również wielkości i zmian zapasów surowców mineralnych. W statystykach operuje się tzw. pojęciem zużycia pozornego, w którym ujmuje się również reeksport. Z wymienionych powodów jako zapotrzebowanie na surowce przyjęto w niniejszej pracy wielkość zużycia określoną następująco: [produkcja] + [import] – [eksport]. Na marginesie napotkanych trudności z ustaleniem faktycznego zużycia nieenergetycznych surowców mineralnych wskazane byłoby uporządkowanie terminologii i dostosowanie statystyk dotyczących gospodarki surowcami do potrzeb analizy pod kątem identyfikacji zarówno źródeł podaży, jak i miejsc zużycia. Jest to nieodzowny warunek planowania gospodarki surowcami mineralnymi. Mimo niedoskonałości statystyk i dokładności informacji, podjęto próbę sporządzenia wstępnych

TABELA 1. Zapotrzebowanie na wybrane nieenergetyczne surowce mineralne w latach 2005–2014

TABLE 1. Demand for chosen non-energetic raw materials from 2005 to 2014

| Surowiec/Rok  | Jednostka | 2005    | 2006    | 2007    | 2008    | 2009    | 2010    | 2011    | 2012    | 2013    | 2014    |
|---|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1   | 2         | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      |
| Aluminium metaliczne i stopy aluminium                    | tys. Mg   | 444,8   | 592,8   | 669,7   | 593,0   | 417,5   | 500,0   | 575,6   | 570,9   | 619,5   | 645,6   |
| Surowce antymonu  | Mg        | 1227    | 1403    | 1352    | 1052    | 973     | 1042    | 988     | 926     | 837     | 938     |
| Cynk metaliczny i stopy cynku                             | tys. Mg   | 79,2    | 100,0   | 102,9   | 90,7    | 76,5    | 96,2    | 80,3    | 82,0    | 67,5    | 75,0    |
| Surowce cyny  | Mg        | 1 171,0 | 1 294,0 | 294,0   | 1 822,0 | 2 036,0 | 1 685,0 | 1 846,0 | 2 016,0 | 2 250,0 | 5 434,0 |
| Fluorydy  | tys. Mg   | 6,3     | 7,6     | 9,7     | 9,1     | 9,5     | 9,2     | 11,2    | 11,4    | 8,1     | 8,9     |
| Fosforyty   | tys. Mg   | 1 558,0 | 1 659,0 | 1 689,0 | 1 449,0 | 459,0   | 1 302,0 | 1 438,0 | 1 238,0 | 948,0   | 1 264,0 |
| Surowce kobaltu   | Mg        | 151     | 98      | 70      | 63      | 46      | 40      | 137     | 46      | 44      | 48      |
| Krzem metaliczny  | tys. Mg   | 9,3     | 11,7    | 13,6    | 10,9    | 10,9    | 16,3    | 16,2    | 16,1    | 20,6    | 23,5    |
| Magnezyt (surowy, kalcynowany, prazony i topiony)         | tys. Mg   | 126,6   | 165,6   | 172,9   | 183,1   | 132,5   | 181,6   | 216,3   | 198,4   | 191,8   | 208,6   |
| Surowce manganu   | Mg        | 2424    | 3 220   | 3 701   | 2 749   | 1 758   | 2 855   | 1 781   | 1 847   | 2 562   | 2 866   |
| Miedz elektrolytyczna i stopy miedzi                      | tys. Mg   | 270,5   | 274,5   | 300,5   | 236,8   | 202,9   | 260,9   | 255,8   | 252,8   | 234,1   | 276,0   |
| Surowce molibdenu   | Mg        | -33,8   | 8       | 43,7    | 110     | 82,3    | 199,9   | 189,4   | 241,1   | 163,4   | b.d.    |
| Ołów rafinowany i stopy ołowiu                            | tys. Mg   | 77,6    | 87,5    | 93,2    | 90,5    | 74,9    | 108,5   | 119,4   | 117,1   | 126,7   | 116,0   |
| Pierwiastki ziem rzadkich, itr i skand – metale i związki | Mg        | 124     | 131     | 148     | 206     | 59      | 191     | 107     | 79      | 144     | 177     |
| Platynowce  | kg        | b.d.    | b.d.    | 487     | 489     | 128     | -617    | -89 828 | 187     | 48      | 1 328   |
| Siarka  | tys. Mg   | 494,1   | 519,7   | 567,0   | 545,4   | 294,5   | 482,8   | 544,8   | 450,4   | 383,5   | 103,0   |
| Sole potasowe   | tys. Mg   | 875,3   | 793,1   | 1025,7  | 841,0   | 191,4   | 818,1   | 789,8   | 812,3   | 823,4   | 891,0   |
| Talk  | tys. Mg   | 20,3    | 23,1    | 24,0    | 27,5    | 17,6    | 25,1    | 25,4    | 26,6    | 33,4    | 29,6    |
| Żelaza rudy i koncentraty                                 | tys. Mg   | 6 789,0 | 8 576,0 | 8 747,0 | 7 773,0 | 3 777,0 | 6 473,0 | 5 973,0 | 6 574,0 | 6 610,0 | 7 002,0 |

TABELA 1 od.  
TABLE 1 cont.

| 1   | 2              | 3    | 4    | 5     | 6      | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12          |
|---|----------------|------|------|-------|--------|------|------|------|------|------|-------------|
| Żelazostopy (wybrane):                      |                |      |      |       |        |      |      |      |      |      |             |
| <i>Żelazomangan (żelazostopy manganu)</i>   | <i>tys. Mg</i> | 24,8 | 28,0 | 33,9  | 32,3   | 27,3 | 24,5 | 33,0 | 24,8 | 27,4 | 21,5        |
| <i>Żelazoniob (żelazostopy niobu)</i>       | <i>Mg</i>      | 104  | 172  | 322   | 198    | 196  | 267  | 240  | 368  | 244  | 306         |
| <i>Żelazozytan (żelazostopy tytanu)</i>     | <i>Mg</i>      | 131  | 184  | 213   | 103    | 98   | 174  | 190  | 270  | 265  | <i>b.d.</i> |
| <i>Żelazowolfram (żelazostopy wolframu)</i> | <i>Mg</i>      | 4,0  | 9,2  | -18,8 | -110,2 | 8,5  | 8,8  | 11,3 | 7,2  | 27,6 | <i>b.d.</i> |

Źródło: Bilans gospodarki surowcami mineralnymi Polski i świata, Praca zbiorowa pod redakcją T. Smakowskiego, K. Galosa i E. Lewickiej. Warszawa: Wyd. PIB -PIB (i wydania wcześniejsze); K. Galos, E. Lewicka, Ocena znaczenia surowców mineralnych nieenergetycznych dla gospodarki krajowej, Zeszyty Naukowe nr 92/2016, IGSMiE PAN, Kraków; Główny Urząd Statystyczny.

prognoz zapotrzebowania na nieenergetyczne surowce mineralne dla dwóch horyzontów czasowych:

- do 2020 roku (prognoza krótkookresowa),
- do 2030 roku (prognoza średniookresowa).

Efektom tych prac jest przede wszystkim sprawdzenie metodologii i metod prognozowania w odniesieniu do gospodarki surowcami mineralnymi. Korzyść praktyczna sprowadza się do sporządzenia i określenia tendencji rozwojowych, a dla niektórych surowców także prognoz liczbowych.

### 3. Modele ekonometryczne zapotrzebowania na nieenergetyczne surowce mineralne

Dane o zużyciu surowców mineralnych w latach 2005–2014 stały się podstawą dla poszukiwania i określenia prawidłowości w kształtowaniu ich zużycia i na tej podstawie, przy przyjęciu założeń co do kontynuowania dotychczasowych tendencji w przeszłości, do ekstrapolacji uzyskanych modeli i sporządzenia prognoz na lata 2020 i 2030.

#### 3.1. Modele trendu

Analizując dane (tab. 1) zauważono, że najprostszym modelem analitycznym opisującym tendencje rozwoju tego zapotrzebowania będzie model liniowy, dla którego wyestymowano parametry równania liniowego w postaci:

$$y = at + b$$

Jako miarę oceny dopasowania modelu analitycznego do rzeczywistego przyjęto tzw. współczynnik determinacji liniowej  $R^2$ , który przyjmuje wartości z przedziału  $[0,1]$  (Bartosiewicz 1978). Wartości zbliżone do 1 świadczą o dobrym dopasowaniu modelu analitycznego: im wartość ta jest bliższa zeru tym dopasowanie gorsze. Nieunormowana jest natomiast wartość graniczna, stanowiąca o przyjęciu lub odrzuceniu modelu, a o przyjęciu modelu za dopuszczalny decyduje prowadzący badanie. Parametry równania trendu liniowego oraz wartość współczynnika  $R^2$  dla analizowanych surowców zestawiono w tabeli 2.

Analiza wyników aproksymacji modelu trendu liniowego (tab. 2) wykazuje, że za wyjątkiem kilku przypadków, wartości współczynnika  $R^2$  nie spełniają pożądanego stopnia dokładności, który przyjęto wstępnie na poziomie  $R^2 > 0,5$ . Tylko dla cynku metalicznego, krzemu metalicznego, magnezytu, miedzi i jej stopów, ołowiu i jego stopów, surowców antymonu, surowców cyny, surowców molibdenu i talku, współczynnik  $R^2$  przekracza wartość 0,5, którą przyjęto jako minimalną biorąc pod uwagę „pilotowy” charakter badań. Kolejnym, ale o ogólnym charakterze, wnioskiem wynikającym z badań jest występująca dla wielu surowców tendencja wzrostowa zużycia. Tylko zużycie fosforytów, siarki, soli potasowych, surowców antymonu, surowców kobaltu, surowców manganu, rud i koncentratów żelaza wykazuje tendencję spadkową. Wobec niezadowolających wyników aproksymacji trendem liniowym dla surowców kobaltu (rys. 1) i surowców manganu (rys. 2) podjęto próbę spraw-

TABELA 2. Parametry równań i wartość współczynnika determinacji  $R^2$  dla poszczególnych surowców

TABLE 2. Parameters of equations and coefficient factor  $R^2$  for individual raw materials

| Wyszczególnienie  | Równanie trendu liniowego | Współczynnik determinacji $R^2$ |
|---|---------------------------|---------------------------------|
| Aluminium metaliczne i stopy aluminium                    | $y = 9,6285x + 512,29$    | $R^2 = 0,1583$                  |
| Cynk metaliczny i stopy cynku                             | $y = 4,0194x + 154,01$    | $R^2 = 0,7095$                  |
| Fluoryty  | $y = 0,2509x + 7,72$      | $R^2 = 0,2999$                  |
| Fosforyty   | $y = -63,693x + 1743$     | $R^2 = 0,7648$                  |
| Krzem metaliczny  | $y = 1,5795x + 7,2237$    | $R^2 = 0,8725$                  |
| Magnezyt (surowy, kalcynowany, prażony i topiony)         | $y = 7,7218x + 137,86$    | $R^2 = 0,6437$                  |
| Miedź elektrolityczna i stopy miedzi                      | $y = 6,8709x + 528,28$    | $R^2 = 0,5152$                  |
| Ołów rafinowany i stopy ołowiu                            | $y = 7,7206x + 93,627$    | $R^2 = 0,8786$                  |
| Pierwiastki ziem rzadkich, itr i skand – metale i związki | $y = 0,3515x + 134,67$    | $R^2 = 0,0007$                  |
| Platynowce  | $y = 195,58x - 538,43$    | $R^2 = 0,4962$                  |
| Siarka  | $y = -56,236x + 1182,5$   | $R^2 = 0,4519$                  |
| Sole potasowe   | $y = -5,9297x + 889,92$   | $R^2 = 0,0833$                  |
| Surowce antymonu  | $y = -49,976x + 1441,7$   | $R^2 = 0,7362$                  |
| Surowce cyny  | $y = 349,48x + 569,07$    | $R^2 = 0,6618$                  |
| Surowce kobaltu   | $y = -6,8667x + 120,38$   | $R^2 = 0,3373$                  |
| Surowce manganu   | $y = -53,926x + 3050,6$   | $R^2 = 0,0737$                  |
| Surowce molibdenu   | $y = 30,913x - 30,178$    | $R^2 = 0,8773$                  |
| Talk  | $y = 1,0303x + 19,593$    | $R^2 = 0,5543$                  |
| Żelaza rudy i koncentraty                                 | $y = -151,43x + 7672,5$   | $R^2 = 0,1365$                  |
| Żelazostopy (wybrane):                                    |                           |                                 |
| Manganu żelazostopy (żelazomangan)                        | $y = -0,5997x + 36,075$   | $R^2 = 0,1559$                  |
| Niobu żelazostopy (żelazoniob)                            | $y = 15x + 198,6$         | $R^2 = 0,3164$                  |
| Tytanu żelazostop (żelazotytan)                           | $y = 12,2x + 144,44$      | $R^2 = 0,3221$                  |
| Wolframu żelazostopy (żelazowolfram)                      | $y = 1,0917x + 8,6528$    | $R^2 = 0,1619$                  |

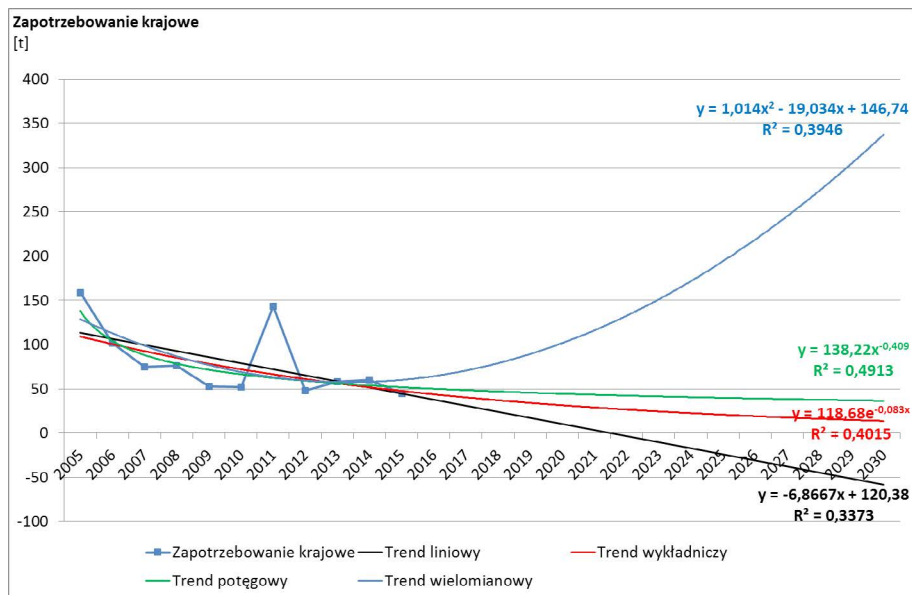
Objaśnienie: Kolorem ciemnym oznaczono trendy o współczynniku  $R^2 > 0,8$ , natomiast jasnym o współczynniku  $R^2 > 0,5$ .

Źródło: opracowanie własne.

dzenia przydatności innych funkcji analitycznych, ale też nie uzyskano wartości  $R^2$  przekraczających 0,5.

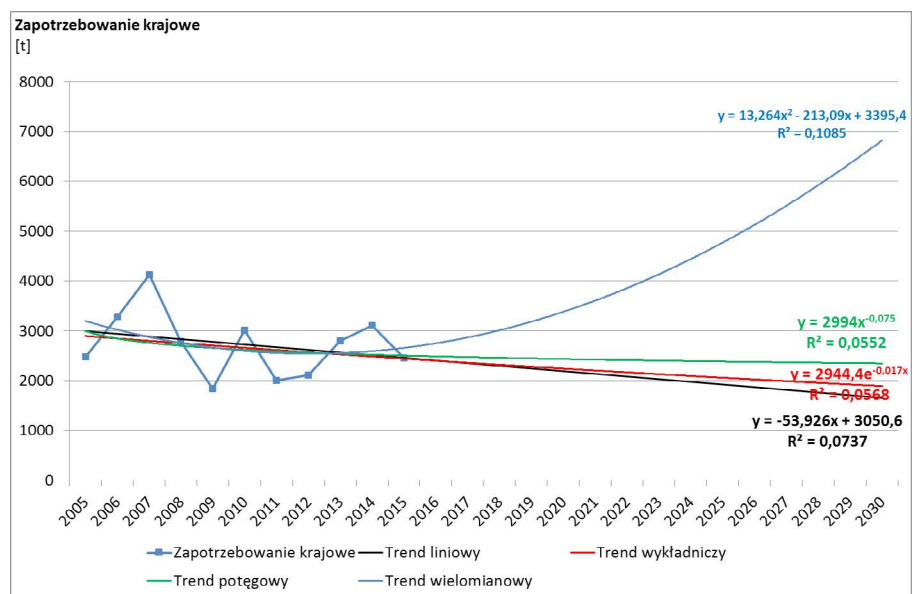
Ponieważ tylko w przypadku niektórych surowców mineralnych trendy rzeczywiste można z dużym przybliżeniem opisać prostymi funkcjami analitycznymi, sprawdzono możliwość wykorzystania do celów prognozowania zużycia modeli trendów pełzających.





Rys. 1. Prognoza zapotrzebowania na surowce kobaltu  
Źródło: opracowanie własne

Fig. 1. Forecast of demand for cobalt raw materials



Rys. 2. Prognoza zapotrzebowania na surowce manganu  
Źródło: opracowanie własne

Fig. 2. Forecast of demand for manganese raw materials

### 3.2. Modele trendu pełzającego

Trudności w wyborze prostych funkcji analitycznych do opisu rzeczywistych trendów zużycia surowców mineralnych skłoniły autorów do wykorzystania modeli trendów pełzających. Procedurę postępowania, która jest dość drobiazgowa, zaczerpnięto z prac Bartosiewicza (1978) i Hellwiga (1967). Sprowadza się ona do zastosowania pewnych algorytmów „wygładzających” rzeczywisty przebieg zużycia w czasie. Istotną zaletą modeli trendu pełzającego jest również przypisywanie większego znaczenia informacjom z ostatnich okresów, kosztem zmniejszenia wagi informacji najstarszych. Wyniki modelowania trendem pełzającym pokazano przykładowo na rysunku 3 (dla surowców kobaltu) i rysunku 4 (dla surowców manganu), co umożliwi porównanie wyników uzyskanych dwiema metodami modelowania. Na rysunkach tych określono też wyekstrapolowane prognozy dla pozostałych surowców (wielkości te zestawiono w tab. 3), a także wyliczono przedział prognozy, co na rysunkach 3 i 4 ilustrują linie granic dolnej i górnej prognozy.

Jak wynika z tabeli 3 oraz rysunków 3 i 4, przedział prognozy rozszerza się z wydłużeniem okresu prognozowania. Jego wielkość wynika też z przyjętego, dość wysokiego, stopnia wiarygodności ( $P = 0,95$ ), a także przybliżonego dopasowania modelu analitycznego do badanej rzeczywistości. W związku z tak wysoko przyjętym stopniem wiarygodności w praktyce modele trendu pełzającego okazują się przydatne wyłącznie w kontekście określania trendu zużycia.

TABELA 3. Prognoza zapotrzebowania na wybrane surowce w latach 2020 i 2030 określona metodą trendu liniowego i trendu pełzającego wraz z błędem prognozy (dla  $P = 0,95$ )

TABLE 3. Forecast of demand for chosen raw materials in 2020 and 2030 using linear and creeping trends with forecast error ( $P = 0,95$ )

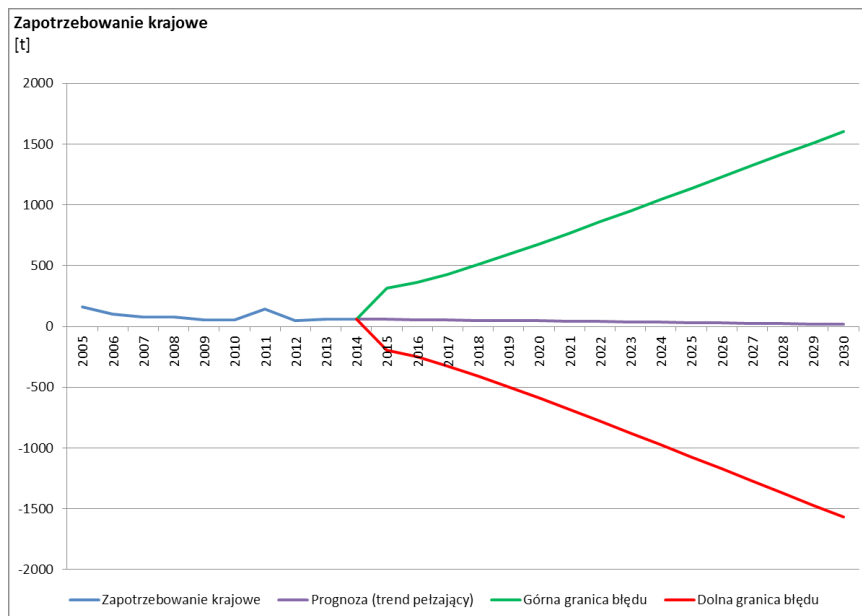
| Wyszczególnienie |               | Jednostka | 2020          |                 | 2030          |                 |
|------------------|---------------|-----------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
|                  |               |           | trend liniowy | trend pełzający | trend liniowy | trend pełzający |
| 1                |               | 2         | 3             | 4               | 5             | 6               |
| Aluminium        | prognoza      | tys. Mg   | 666,35        | 688,87          | 762,63        | 751,38          |
|                  | błąd prognozy |           | 296,32        | 3 331,56        | 472,46        | 8 874,60        |
| Surowce antymonu | prognoza      | Mg        | 642,06        | 920,74          | 142,30        | 756,69          |
|                  | błąd prognozy |           | 399,27        | 5 869,33        | 636,62        | 15 612,66       |
| Cynk             | prognoza      | tys. Mg   | 218,32        | 191,65          | 258,52        | 203,26          |
|                  | błąd prognozy |           | 34,33         | 46,15           | 54,73         | 117,29          |
| Surowce cyny     | prognoza      | Mg        | 6 160,73      | 6 659,08        | 9 655,52      | 8 347,27        |
|                  | błąd prognozy |           | 3 334,44      | 774 451,70      | 5 316,62      | 2 038 718,00    |
| Fluoryty         | prognoza      | tys. Mg   | 11,73         | 7,96            | 14,24         | 7,55            |
|                  | błąd prognozy |           | 5,12          | 1,22            | 8,16          | 3,11            |
| Fosforyty        | prognoza      | tys. Mg   | 723,89        | 1 071,42        | 174,74        | 918,22          |
|                  | błąd prognozy |           | 1 256,47      | 66 128,82       | 2 003,39      | 172 836,90      |
| Surowce kobaltu  | prognoza      | Mg        | 10,60         | 45,05           | -58,07        | 17,90           |
|                  | błąd prognozy |           | 128,47        | 633,81          | 204,84        | 1 586,83        |

TABELA 3 cd.

TABLE 3 cont.

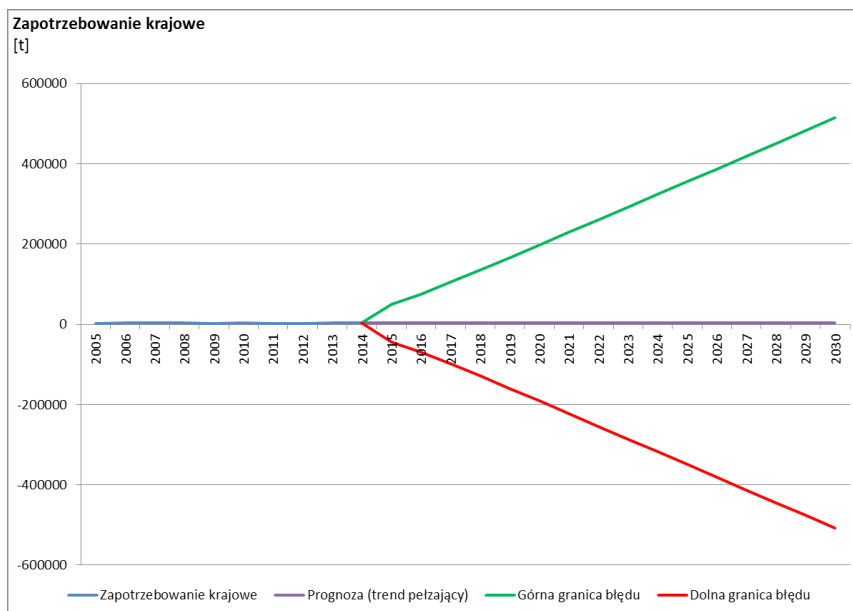
| 1                                    |               | 2       | 3         | 4            | 5         | 6            |
|--------------------------------------|---------------|---------|-----------|--------------|-----------|--------------|
| Krzem metaliczny                     | prognoza      | tys. Mg | 32,50     | 30,27        | 48,29     | 37,60        |
|                                      | błąd prognozy |         | 8,06      | 7,18         | 12,85     | 19,13        |
| Magnezyt                             | prognoza      | tys. Mg | 261,41    | 224,62       | 338,63    | 247,09       |
|                                      | błąd prognozy |         | 76,67     | 289,76       | 122,25    | 767,26       |
| Surowce manganu                      | prognoza      | Mg      | 2 187,76  | 3 222,47     | 1 648,50  | 3 304,09     |
|                                      | błąd prognozy |         | 2 550,79  | 194 383,70   | 4 067,11  | 511 369,60   |
| Miedź                                | prognoza      | tys. Mg | 638,22    | 638,94       | 706,93    | 675,98       |
|                                      | błąd prognozy |         | 88,96     | 376,15       | 141,84    | 988,21       |
| Surowce molibdenu                    | prognoza      | Mg      | 464,44    | 259,07       | 773,57    | 328,49       |
|                                      | błąd prognozy |         | 165,96    | 1 621,67     | 272,96    | 3 861,24     |
| Ołów                                 | prognoza      | tys. Mg | 217,16    | 176,71       | 294,36    | 205,22       |
|                                      | błąd prognozy |         | 38,30     | 185,29       | 61,07     | 493,54       |
| Pierwiastki ziem rzadkich            | prognoza      | Mg      | 140,29    | 185,38       | 143,81    | 190,45       |
|                                      | błąd prognozy |         | 179,92    | 940,54       | 286,87    | 2 178,22     |
| Platynowce                           | prognoza      | kg      | 3 344,17  | 551,15       | 5 300,00  | -782,49      |
|                                      | błąd prognozy |         | 12 383,99 | 3 744 485,00 | 20 864,15 | 9 603 645,00 |
| Siarka                               | prognoza      | tys. Mg | 282,72    | 209,88       | -279,64   | -25,91       |
|                                      | błąd prognozy |         | 826,58    | 45 998,95    | 1 317,95  | 122 311,20   |
| Sole potasowe                        | prognoza      | tys. Mg | 795,04    | 960,21       | 794,81    | 1 059,58     |
|                                      | błąd prognozy |         | 826,71    | 21 742,71    | 1 318,15  | 56 498,70    |
| Talk                                 | prognoza      | tys. Mg | 36,08     | 34,90        | 46,38     | 40,78        |
|                                      | błąd prognozy |         | 12,33     | 8,07         | 19,66     | 19,89        |
| Żelaza rudy i koncentraty            | prognoza      | tys. Mg | 5 249,58  | 7 071,16     | 3 735,28  | 7 234,47     |
|                                      | błąd prognozy |         | 5 082,90  | 884 362,20   | 8 104,46  | 2 321 093,00 |
| Żelazomangan (manganu żelazostopy)   | prognoza      | tys. Mg | 27,80     | 31,24        | 23,50     | 30,49        |
|                                      | błąd prognozy |         | 18,61     | 18,71        | 29,67     | 31,80        |
| Żelazoniob (niobu żelazostopy)       | prognoza      | Mg      | 438,60    | 319,59       | 588,60    | 348,92       |
|                                      | błąd prognozy |         | 294,27    | 1 949,78     | 469,20    | 2 895,70     |
| Żelazotytan (tytanu żelazostop)      | prognoza      | Mg      | 339,64    | 383,97       | 461,64    | 496,55       |
|                                      | błąd prognozy |         | 216,68    | 3 209,78     | 356,38    | 7 779,71     |
| Żelazowolfram (wolframu żelazostopy) | prognoza      | Mg      | 26,12     | 36,19        | 37,04     | 49,84        |
|                                      | błąd prognozy |         | 30,41     | 76,80        | 50,02     | 185,96       |

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: dane GUS, Bilans gospodarki surowcami mineralnymi Polski i świata.



Rys. 3. Prognoza zapotrzebowania na surowce kobaltu – trend pełzający  
 Źródło: opracowanie własne

Fig. 3. Forecast of demand for cobalt raw materials – creeping trend



Rys. 4. Prognoza zapotrzebowania na surowce manganu – trend pełzający  
 Źródło: opracowanie własne

Fig. 4. Forecast of demand for manganese raw materials – creeping trend

### 3.3. Model zależności przyczynowo-skutkowej

Wobec tylko częściowej przydatności modeli trendu i trendu pełzającego dla scharakteryzowania zużycia nieenergetycznych surowców mineralnych, podjęto próbę wykorzystania modeli bazujących na zasadach rachunku korelacyjnego i regresyjnego, określających związki przyczynowo-skutkowe. Dla konkretnych surowców mineralnych należałoby określić zależności kształtowania się wolumenu produkcji od wielkości zużycia surowców.

Jak wykazano (Kulczycka i in. 2015) w statystykach nie odnotowuje się (z wyjątkami) zużycia surowców przez poszczególne branże, działy gospodarki czy w odniesieniu do konkretnych wyrobów. Ponieważ dla opracowania Strategii gospodarczej potrzeba także informacji o zapotrzebowaniu na surowce na poziomie makro (Strategia... 2016), a nie tylko dla produkcji konkretnych wyrobów, na obecnym etapie badań sprawdzono, czy zachodzi zależność pomiędzy wskaźnikami makroekonomicznymi, takimi jak produkt krajowy brutto (PKB) i dochód narodowy (DN) a zużyciem surowców mineralnych. Weześniejsze badania wykazały, że wielkości te są powiązane ze zużyciem surowców skalnych dla budownictwa i drogownictwa. W niniejszym badaniu wykorzystano dane statystyczne za lata 2005–2014 operując wartościami bezwzględnyymi, albo wskaźnikami ilustrującymi ich dynamikę. W tym drugim przypadku dla określenia dynamiki od 2005 r. przyjęto za 100% poziom wskaźników osiągniętych w 2004 r.

Zakładając wstępny charakter badań dla aproksymacji zależności PKB lub DN od zużycia surowców mineralnych przyjęto model regresji liniowej. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 4 i dla przykładu zilustrowano zależność zapotrzebowania od PKB oraz od DN dla ołowiu (rys. 5, 6) i surowców molibdenu (rys. 7, 8).

## 4. Uwagi odnośnie prognoz zapotrzebowania na nieenergetyczne surowce mineralne

Ekstrapolując wyestymowane modele ekonometryczne uzyskano prognozowanie wielkości zapotrzebowania na analizowane nieenergetyczne surowce mineralne w roku 2020 i 2030, które zestawiono w tabeli 5.

Oczywiste jest, że prawdziwość prognoz determinowana jest adekwatnością dopasowania modelu (funkcji) do rzeczywistego kształtowania się procesu zużycia. Dlatego analizując prognozy podane w tabeli 5 należy mieć na uwadze, że tylko dla niektórych surowców uzyskano zadawalający stopień dopuszczalności modelu analitycznego i tylko w tych przypadkach można uzyskane wyniki traktować jako prognozy wstępne.

W procedurach prognozowania, obok oszacowania wartości zmiennej prognozowanej, w okresie prognozowania określa się dokładność (precyzję) prognozy, tj. ustala się przedział wartości zmiennej prognozowanej. Przedział prognozy zależy od wiarygodności. Przyjmuje się, że jej wiarygodność powinna być nie mniejsza niż 0,8. W tabeli 3 zestawiono wartości przedziału prognoz uzyskanych z ekstrapolacji trendu klasycznego (liniowego) i trendu pełzającego, zakładając wiarygodność prognozy na poziomie  $P = 0,95$  i normalny rozkład składnika losowego.

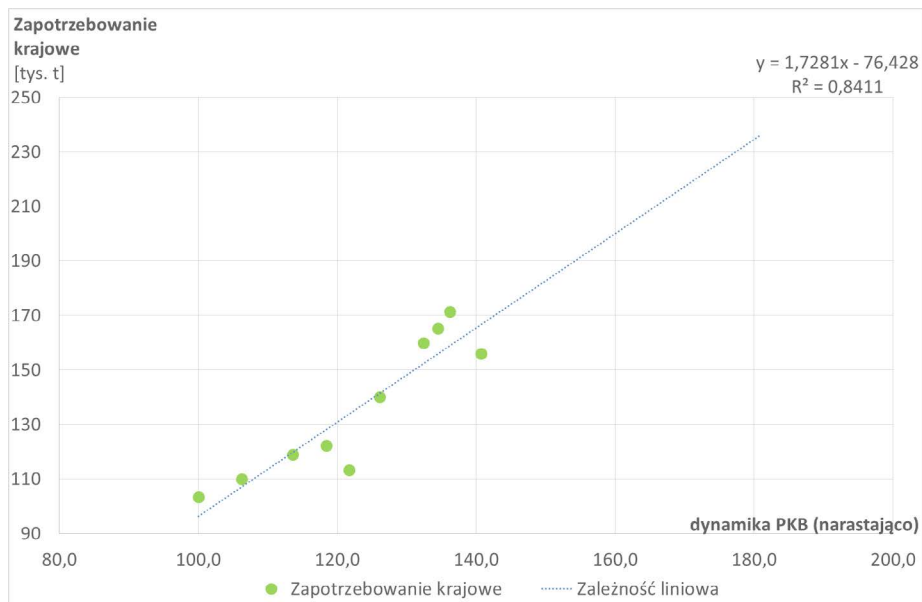
Określone przedziały prognoz są w obu przypadkach bardzo szerokie, zwłaszcza dla prognozy na 2030 r. Być może dla takiego okresu prognozowania celowe byłoby obniżenie

TABELA 4. Równania regresji liniowej i prognoza zapotrzebowania na analizowane surowce w roku 2020 i 2030 w korelacji z PKB i DN

TABLE 4. Linear regression equations and forecast of demand for chosen mineral raw materials in 2020 and 2030 – correlation with dynamics of the Gross Domestic Product and national income

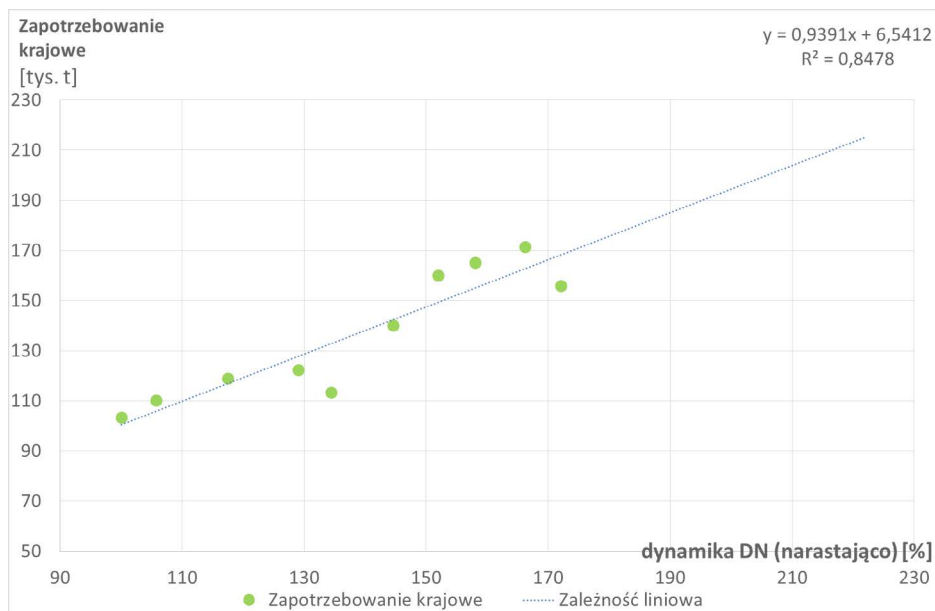
| Wyszczególnienie                     | PKB                     |          |           | DN                      |          |          |                 |
|--------------------------------------|-------------------------|----------|-----------|-------------------------|----------|----------|-----------------|
|                                      | funkcja                 | prognoza |           | funkcja                 | prognoza |          | współczynnik R2 |
|                                      |                         | 2020     | 2030      |                         | 2020     | 2030     |                 |
| Aluminium                            | $y = 2,2163x + 292,69$  | 684,81   | 826,34    | $y = 1,1049x + 412,83$  | 639,88   | 717,97   | 0,1105          |
| Surowce antymonu                     | $y = -11,144x + 2537,3$ | 565,63   | -145,99   | $y = -6,2589x + 2030,2$ | 744,02   | 301,68   | 0,7202          |
| Cynk                                 | $y = 0,9275x + 62,057$  | 226,16   | 285,38    | $y = 0,4979x + 107,44$  | 209,76   | 318,21   | 0,6735          |
| Surowce cyny                         | $y = 73,747x - 6578,3$  | 6 469,53 | 11 178,75 | $y = 40,781x - 3134,6$  | 5 245,76 | 8 127,91 | 0,5495          |
| Fluoryty                             | $y = 0,069x + 0,6124$   | 12,82    | 17,23     | $y = 0,0326x + 4,608$   | 11,31    | 13,61    | 0,2779          |
| Fosforyty                            | $y = -12,873x + 2978,9$ | 701,32   | -120,70   | $y = -7,4177x + 2420,2$ | 895,89   | 371,65   | 0,7034          |
| Surowce kobaltu                      | $y = -1,5807x + 276,99$ | -2,68    | -103,62   | $y = -0,8445x + 199,09$ | 25,55    | -34,14   | 0,2834          |
| Krzem metaliczny                     | $y = 0,3381x - 25,674$  | 34,14    | 55,73     | $y = 0,1872x - 9,9069$  | 28,56    | 41,79    | 0,7972          |
| Magnezyt                             | $y = 1,8044x - 41,579$  | 277,67   | 392,89    | $y = 0,9432x + 50,218$  | 244,04   | 310,70   | 0,5825          |
| Surowce manganu                      | $y = -12,833x + 4332,1$ | 2 061,60 | 1 242,13  | $y = -7,1171x + 3735,8$ | 2 273,26 | 1 770,27 | 0,0666          |
| Miedź                                | $y = 1,3892x + 395,23$  | 641,02   | 729,73    | $y = 0,7855x + 457,71$  | 619,13   | 674,64   | 0,3934          |
| Surowce molibdeny                    | $y = 6,785x - 696,67$   | 503,78   | 937,05    | $y = 3,7248x - 375,32$  | 390,11   | 653,36   | 0,8732          |
| Ołów                                 | $y = 1,7281x - 76,428$  | 229,32   | 339,67    | $y = 0,9391x + 6,5412$  | 199,52   | 265,89   | 0,8478          |
| Pierwiastki ziem rzadkich            | $y = 0,0604x + 129,17$  | 139,86   | 143,71    | $y = 0,0809x + 125,44$  | 142,06   | 147,78   | 0,0018          |
| Platynowce                           | $y = 18,706x - 1610$    | 1 699,60 | 2 894,09  | $y = 13,761x - 1397,6$  | 1 430,24 | 2 402,78 | 0,2421          |
| Siarka                               | $y = -11,704x + 2312,5$ | 241,75   | -505,63   | $y = -6,5595x + 1778,1$ | 430,14   | -33,44   | 0,3528          |
| Sole potasowe                        | $y = -0,8707x + 967,46$ | 813,41   | 757,81    | $y = -0,498x + 929,14$  | 826,80   | 791,61   | 0,0328          |
| Talk                                 | $y = 0,2209x - 1,9095$  | 37,17    | 51,28     | $y = 0,1244x + 8,103$   | 33,67    | 42,46    | 0,4771          |
| Żelaza rudy i koncentraty            | $y = -35,276x + 11178$  | 4 936,73 | 2 684,12  | $y = -19,612x + 9545,1$ | 5 514,90 | 4 128,85 | 0,1207          |
| Żelazostopy wybrane                  |                         |          |           |                         |          |          |                 |
| Żelazomangan (żelazostopy manganu)   | $y = -0,138x + 49,697$  | 25,28    | 16,47     | $y = -0,073x + 42,796$  | 27,79    | 22,64    | 0,1208          |
| Żelazoniob (żelazostopy niobu)       | $y = 3,6765x - 171,04$  | 479,43   | 714,20    | $y = 1,845x + 26,585$   | 405,73   | 536,12   | 0,2645          |
| Żelazotytan (żelazostop tytanu)      | $y = 2,4219x - 87,636$  | 340,86   | 495,52    | $y = 1,3437x + 25,171$  | 301,30   | 396,26   | 0,2802          |
| Żelazowolfram (żelazostopy wolframu) | $y = 0,2125x - 11,607$  | 25,99    | 39,56     | $y = 0,1296x - 3,2785$  | 23,35    | 32,51    | 0,1636          |

Źródło: obliczenia własne.



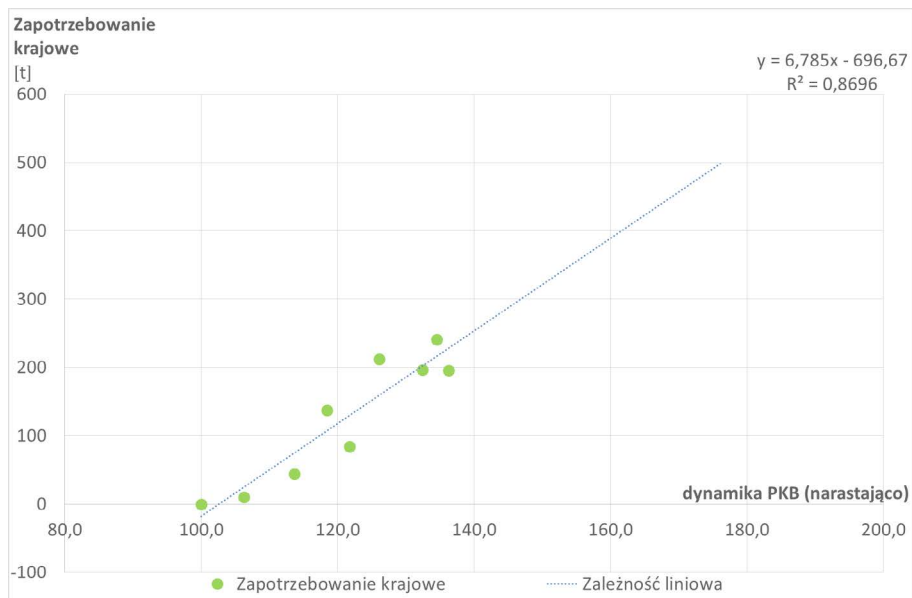
Rys. 5. Zapotrzebowanie na ołów w korelacji z dynamiką PKB  
Źródło: opracowanie własne

Fig. 5. Forecast of demand for lead – correlation with dynamics of the Gross Domestic Product



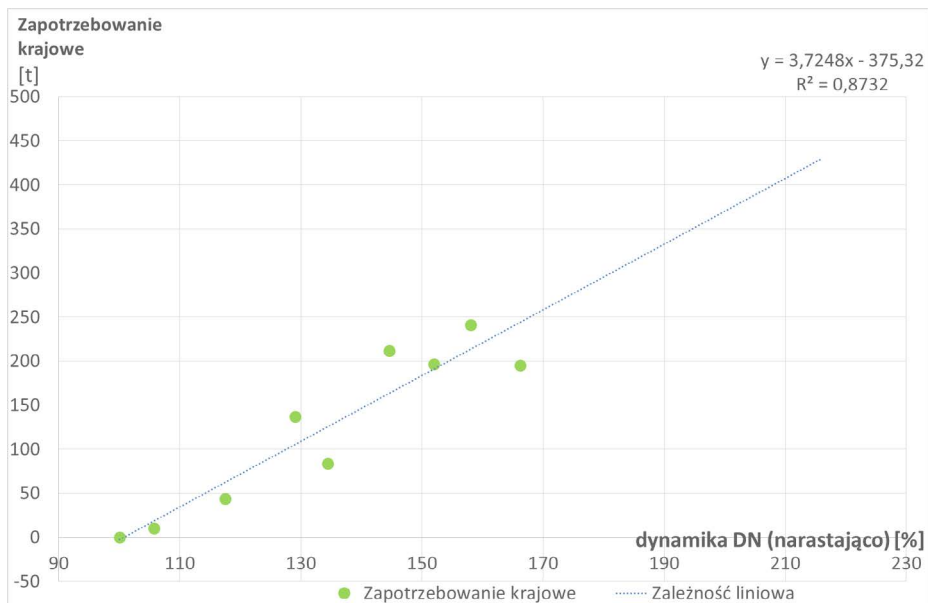
Rys. 6. Zapotrzebowanie na ołów w korelacji z dynamiką DN  
Źródło: opracowanie własne

Fig. 6. Forecast of demand for lead – correlation with dynamics of national income



Rys. 7. Zapotrzebowanie na surowce molibdenu w korelacji z dynamiką PKB  
Źródło: opracowanie własne

Fig. 7. Forecast of demand for molybdenum raw materials – correlation with dynamics of the Gross Domestic Product



Rys. 8. Zapotrzebowanie na surowce molibdenu w korelacji z dynamiką DN  
Źródło: opracowanie własne

Fig. 8. Forecast of demand for molybdenum raw materials – correlation with dynamics of the national income



TABELA 5. Wstępna prognoza zapotrzebowania na niektóre surowce mineralne w roku 2020 i 2030

TABLE 5. Preliminary forecast of demand for chosen mineral raw materials in 2020 and 2030

| Wyszczególnienie                     | Jednostka | Trend liniowy |          | Trend paraboliczny |          | Korelacja z PKB |           | Korelacja z DN |          |
|--------------------------------------|-----------|---------------|----------|--------------------|----------|-----------------|-----------|----------------|----------|
|                                      |           | 2020          | 2030     | 2020               | 2030     | 2020            | 2030      | 2020           | 2030     |
| Aluminium                            | tys. Mg   | 666,35        | 762,63   | 688,87             | 751,38   | 684,81          | 826,34    | 639,88         | 717,97   |
| Surowce antymonu                     | Mg        | 642,06        | 142,30   | 920,74             | 756,69   | 565,63          | -145,99   | 744,02         | 301,68   |
| Cynk                                 | tys. Mg   | 218,32        | 258,52   | 191,65             | 203,26   | 226,16          | 285,38    | 209,76         | 318,21   |
| Surowce cyny                         | Mg        | 6 160,73      | 9 655,52 | 6 659,08           | 8 347,27 | 6 469,53        | 11 178,75 | 5 245,76       | 8 127,91 |
| Fluoryty                             | tys. Mg   | 11,73         | 14,24    | 7,96               | 7,55     | 12,82           | 17,23     | 11,31          | 13,61    |
| Fosforyty                            | tys. Mg   | 723,89        | 174,74   | 1 071,42           | 918,22   | 701,32          | -120,70   | 895,89         | 371,65   |
| Surowce kobaltu                      | Mg        | 10,60         | -58,07   | 45,05              | 17,90    | -2,68           | -103,62   | 25,55          | -34,14   |
| Krzem metaliczny                     | tys. Mg   | 32,50         | 48,29    | 30,27              | 37,60    | 34,14           | 55,73     | 28,56          | 41,79    |
| Magnezyt                             | tys. Mg   | 261,41        | 338,63   | 224,62             | 247,09   | 277,67          | 392,89    | 244,04         | 310,70   |
| Surowce manganu                      | Mg        | 2 187,76      | 1 648,50 | 3 222,47           | 3 304,09 | 2 061,60        | 1 242,13  | 2 273,26       | 1 770,27 |
| Miedź                                | tys. Mg   | 638,22        | 706,93   | 638,94             | 675,98   | 641,02          | 729,73    | 619,13         | 674,64   |
| Surowce molibdenu                    | Mg        | 464,44        | 773,57   | 259,07             | 328,49   | 503,78          | 937,05    | 390,11         | 653,36   |
| Ołów                                 | tys. Mg   | 217,16        | 294,36   | 176,71             | 205,22   | 229,32          | 339,67    | 199,52         | 265,89   |
| Pierwiastki ziem rzadkich            | Mg        | 140,29        | 143,81   | 185,38             | 190,45   | 139,86          | 143,71    | 142,06         | 147,78   |
| Platynowce                           | kg        | 3 344,17      | 5 300,00 | 551,15             | -782,49  | 1 699,60        | 2 894,09  | 1 430,24       | 2 402,78 |
| Siarka                               | tys. Mg   | 282,72        | -279,64  | 209,88             | -25,91   | 241,75          | -505,63   | 430,14         | -33,44   |
| Sole potasowe                        | tys. Mg   | 795,04        | 794,81   | 960,21             | 1 059,58 | 813,41          | 757,81    | 826,80         | 791,61   |
| Tałk                                 | tys. Mg   | 36,08         | 46,38    | 34,90              | 40,78    | 37,17           | 51,28     | 33,67          | 42,46    |
| Żelaza rudy i koncentraty            | tys. Mg   | 5 249,58      | 3 735,28 | 7 071,16           | 7 234,47 | 4 936,73        | 2 684,12  | 5 514,90       | 4 128,85 |
| Żelazomangan (żelazostopy manganu)   | tys. Mg   | 27,80         | 23,50    | 31,24              | 30,49    | 25,28           | 16,47     | 27,79          | 22,64    |
| Żelazoniob (żelazostopy niobu)       | Mg        | 438,60        | 588,60   | 319,59             | 348,92   | 479,43          | 714,20    | 405,73         | 536,12   |
| Żelazotytan (żelazostop tytanu)      | Mg        | 339,64        | 461,64   | 383,97             | 496,55   | 340,86          | 495,52    | 301,30         | 396,26   |
| Żelazowolfram (żelazostopy wolframu) | Mg        | 26,12         | 37,04    | 36,19              | 49,84    | 25,99           | 39,56     | 23,35          | 32,51    |

Źródło: obliczenia własne.

poziomu wiarygodności do  $P = 0,8$ , co przy bardziej szczegółowych badaniach należałoby rozważyć.

### **5. Porównanie i dyskusja uzyskanych z modelowania ekonometrycznego prognoz zużycia nieenergetycznych surowców mineralnych z dotychczas sporządzonymi prognozami**

Poza sporadycznymi przypadkami (prognozowanie na podstawie ekstrapolacji trendu liniowego) w literaturze i opracowaniach naukowych, koncentrowano się nie na sporządzeniu prognoz liczbowych, a na określaniu tendencji. Wymienić tu należy określenie przez IGSMiE PAN tendencji rozwojowych dla kluczowych surowców nieenergetycznych (Kulczycka i in. 2015) opartych na zestawieniu odpowiedzi ankietowych producentów wykorzystujących niektóre surowce mineralne w perspektywie produkcji do 2030 roku, a także zamieszczone w tym opracowaniu opinie ekspertów odnośnie ważności dla polskiej gospodarki niektórych surowców mineralnych do 2020 roku i w perspektywie długoterminowej.

Wymienione opinie i stanowiska skonfrontowano z tendencjami wynikającymi z uzyskanych modeli ekonometrycznych (znak „+” w modelu oznacza tendencję wzrostową, znak „-” tendencję spadkową). Porównanie określonych tendencji zamieszczono w tabeli 6.

Porównując wyniki zamieszczone w tabeli 6 zauważa się wyraźną zgodność, co do uzyskanych różnymi metodami tendencji określających zapotrzebowanie przez polską gospodarkę na nieenergetyczne surowce mineralne.

W żadnym przypadku (poza jednym) nie występują dla danego surowca diametralnie różne tendencje. Na podstawie określonych w pięciu źródłach tendencji wypośredkowano dla każdego surowca tendencję średnią, jako „wzrostową”, „spadkową”, lub „ustabilizowaną” (tab. 6). Ponieważ, jak wykazano to w punkcie 3 i 4, wykorzystanie analizowanych modeli ekonometrycznych do zapotrzebowania na surowce mineralne jest obecnie ograniczone do 8–10 surowców, to w zasadzie tylko dla tych surowców można formułować prognozy liczbowe i to tylko na okres do 2020 roku. Na dalszą perspektywę prognozować można tylko tendencje. Nawet w przypadku potwierdzonych modeli ekonometrycznych błąd prognozy na rok 2030 jest tak duży, że są one dla praktyki mało przydatne.

Zachodzi więc pilna potrzeba kontynuowania prac w celu uściślenia metod prognozowania, szczególnie w kierunku poszukiwania związków przyczynowo-skutkowych pomiędzy wielkością produkcji (w konkretnych działach, a nawet w przypadku niektórych wyrobów) ze zużyciem surowców.

### **Podsumowanie i wnioski**

Prognozowanie zapotrzebowania na surowce mineralne jest podstawową częścią polityki surowcowej i powinno być działaniem prowadzonym systematycznie w powiązaniu z opracowywaniem strategii rozwoju gospodarczego kraju. Prace nad strategią gospodarczą, w tym nad sformułowaniem polityki surowcowej, zostały podjęte z szerokim uwzględnieniem surowców mineralnych.

TABELA 6. Tendencje zapotrzebowania na surowce mineralne na podstawie analizy opracowanych modeli ekonometrycznych w porównaniu z oceną prezentowaną w pracy Kulczycka i in. 2015

TABLE 6. Trends of demand for chosen mineral raw based on econometric models with comparison to the forecast presented in Kulczyck et al. 2015

| Lp.  | Wyszczególnienie  | Trend liniowy | Trend porzajający        | Korelacja z PKB | Korelacja z DN | Wg IGSMiE PAN                                  | Tendencja wynikowa |
|------|---|---------------|--------------------------|-----------------|----------------|--|--------------------|
| 1.   | Aluminium metaliczne i stopy aluminium                    | rosnąca       | stabilna                 | rosnąca         | rosnąca        | rosnąca  | +                  |
| 2.   | Surowce antymonu  | rosnąca       | stabilna                 | rosnąca         | rosnąca        | nie określono                                  | +                  |
| 3.   | Cynk metaliczny i stopy cynku                             | rosnąca       | rosnąca                  | rosnąca         | rosnąca        | bez zmian                                      | +                  |
| 4.   | Surowce cyny  | rosnąca       | lekko malejąca           | rosnąca         | rosnąca        | rosnąca  | +                  |
| 5.   | Fluoryty  | rosnąca       | malejąca                 | rosnąca         | rosnąca        | rosnąca  | +                  |
| 6.   | Fosforyty   | malejąca      | stabilna                 | malejąca        | malejąca       | malejąca                                       | -                  |
| 7.   | Surowce kobaltu s   | malejąca      | lekko malejąca           | malejąca        | malejąca       | nie określono                                  | -                  |
| 8.   | Krzem metaliczny  | rosnąca       | rosnąca                  | rosnąca         | rosnąca        | rosnąca  | +                  |
| 9.   | Magnezyt (surowy, kalcynowany, prażony i topiony)         | rosnąca       | lekko rosnąca (stabilna) | rosnąca         | rosnąca        | rosnąca  | +                  |
| 10.  | Surowce manganu   | malejąca      | stabilna                 | malejąca        | malejąca       | malejąca (tlenki); rosnąca (mangan metaliczny) | -                  |
| 11.  | Miedź elektrolityczna i stopy miedzi                      | rosnąca       | lekko rosnąca (stabilna) | rosnąca         | rosnąca        | stabilna                                       | +                  |
| 12.  | Surowce molibdenu   | rosnąca       | stabilna                 | rosnąca         | rosnąca        | nie określono                                  | +                  |
| 13.  | Ołów rafinowany i stopy ołowiu                            | rosnąca       | lekko rosnąca            | rosnąca         | rosnąca        | silnie rosnąca                                 | +                  |
| 14.  | Pierwiastki ziem rzadkich, itr i skand – metale i związki | rosnąca       | stabilna                 | rosnąca         | rosnąca        | rosnąca  | +                  |
| 15.  | Platynowce  | rosnąca       | stabilna                 | rosnąca         | rosnąca        | bez zmian                                      | +                  |
| 16.  | Siarka  | malejąca      | stabilna                 | malejąca        | malejąca       | malejąca                                       | -                  |
| 17.  | Sole potasowe   | malejąca      | stabilna                 | malejąca        | malejąca       | bez zmian                                      | -                  |
| 18.  | Talk  | rosnąca       | rosnąca                  | rosnąca         | rosnąca        | rosnąca  | +                  |
| 19.  | Żelaza rudy i koncentraty                                 | malejąca      | stabilna                 | malejąca        | malejąca       | malejąca                                       | -                  |
| 20.  | Żelazostopy wybrane                                       |               |                          |                 |                |  |                    |
| i.   | Żelazomangan (żelazostopy manganu)                        | malejąca      | stabilna                 | malejąca        | malejąca       | malejąca                                       | -                  |
| ii.  | Żelazoniob (żelazostopy niobu)                            | rosnąca       | stabilna                 | rosnąca         | rosnąca        | rosnąca  | +                  |
| iii. | Żelazotytan (żelazostop tytanu)                           | rosnąca       | stabilna                 | rosnąca         | rosnąca        | rosnąca (tytan metaliczny)                     | +                  |
| iv.  | Żelazowolfram (żelazostopy wolframu)                      | rosnąca       | rosnąca                  | rosnąca         | rosnąca        | nie określono                                  | +                  |

Objaśnienie: + tendencja rosnąca (wzrostowa); - tendencja malejąca (spadkowa);  
Źródło: opracowanie własne.

Jak wykazano prognozy zapotrzebowania na surowce mineralne podejmowane były sporadycznie tylko dla niektórych surowców. W większości sprowadzały się one do określenia tendencji bez formułowania prognoz liczbowych. Dla zarządzania gospodarką surowcami mineralnymi niezbędne są prognozy liczbowe i to w dłuższej perspektywie. W osiągnięciu tego celu pomocne mogą być metody modelowania ekonometrycznego szeroko stosowane w świecie i w kraju dla predykcji rozwoju gospodarczego. Podjęte w artykule próby wykorzystania modeli trendu, trendu pełzającego i modeli przyczynowo-skutkowych przyniosły tylko częściowo obiecujące wyniki. Fakt ten jest spowodowany dużym zagregowaniem możliwych do wykorzystania informacji, a także niekompletnymi danymi statystycznymi znajdującymi się w oficjalnych źródłach. Tym niemniej uzyskane rezultaty należy uznać za obiecujące, zwłaszcza jeśli chodzi o metodologię badań, a niektóre z nich posiadają znaczenie praktyczne.

Ponieważ w dokumentach rządowych zakłada się do 2020 roku sporządzenie dokumentu określającego politykę surowcową Polski, to należałoby kontynuować i rozwijać badania nad problematyką prognozowania zapotrzebowania na surowce mineralne. W tym celu za wskazane uważa się:

1. Objęcie równoczesnymi badaniami wszystkich źródeł pozyskania surowców, a więc produkcję krajową ze źródeł pierwotnych i wtórnych oraz import, a także miejsca i sposoby zużycia (eksport, zużycie bezpośrednie w produkcji, zużycie w komponentach, częściach importowanych itp.).
2. Dostosowanie statystyk do potrzeb prognozowania, przede wszystkim przez rozbięcie zużycia ogółem na zużycia działów gospodarki (a może i na produkty), ale wcześniejsze uporządkowanie terminologii w zakresie gospodarowania surowcami mineralnymi.
3. Rozwinięcie metod przyczynowo-skutkowych dla potrzeb prognozowania, dzięki adekwatnej informacji, zapewni wzrost dokładności i wiarygodności prognoz.
4. Dla określenia tendencji rozwojowych w przypadku zapotrzebowania na surowce mineralne przydatne są modele trendu, a szczególnie trendu pełzającego dla prognoz krótkoterminowych, które mogą w tym przypadku być pomocne dla sporządzenia prognoz liczbowych.
5. Przydatność sporządzonych prognoz dla formułowania polityki surowcowej i polityki (strategii) gospodarczej, wymaga systematycznego prowadzenia prac, weryfikacji tych prognoz, a także doskonalenia metodologii badań.

Spełnienie wymienionych warunków zapewni sporządzenie po wielu latach dokumentu określającego zasady i kierunki polityki w zakresie surowców mineralnych.

## Literatura

- Bartosiewicz, S. 1978. *Ekonometria*. Warszawa: PWE.
- Bilans gospodarki surowcami mineralnymi Polski i świata. Praca zbiorowa pod redakcją T. Smakowskiego, K. Galosa i E. Lewickiej, Kraków IGSMiE PAN, Wyd. PIG-PIB Warszawa, wydania w latach 2009–2015
- Bilans Zasobów Złóż Kopalni i Wód Podziemnych 2016. Warszawa: PIG-PIB.
- Galos, K. i Lewicka, E. 2016. Ocena znaczenia surowców mineralnych nieenergetycznych dla gospodarki krajowej. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN* nr 92, Kraków: Wyd. IGSMiE PAN.

- Galos, K. i Szamalek, K. 2011. Ocena bezpieczeństwa surowcowego Polski w zakresie surowców nieenergetycznych *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN* nr 81, Kraków: Wyd. IGSMiE PAN.
- Hausner, J. red. 2015. *Polityka surowcowa Polski, rzecz o tym, czego nie ma, a jest bardzo potrzebne*. Kraków, Fundacja Gospodarki i Administracji Publicznej.
- Hellwig, Z. 1967. Schemat budowy prognozy statystycznej metodą wag harmoniczných. *Przegląd Statystyczny* z. 2.
- Kudelko i in. 2008 – Kudelko, J., Kulczycka, J., Galos, K. i Lewicka, E. 2008. Prognozy zapotrzebowania na miedź i metale współwystępujące i surowce towarzyszące w kraju i na świecie. Wrocław, *Cuprum* nr 1/46.
- Kulczycka i in. 2015 – Kulczycka, J., Pietrzyk-Sokulska, E., Galos, K., Koneczna, R. i Lewicka, E. 2015. *Przygotowanie analizy: Identyfikacja surowców kluczowych dla polskiej gospodarki*. Warszawa, Ministerstwo Rozwoju (Gospodarki) (materiały niepublikowane).
- Machniak, Ł. 2015. Przestrzenny rozkład zapotrzebowania na kruszywa w budownictwie jednorodzinym. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN* nr 91, Kraków: Wyd. IGSMiE PAN.
- Polityka energetyczna Polski do 2030 roku*. Dokument przyjęty przez Radę Ministrów w dniu 10 listopada 2009 roku. Warszawa.
- Strategia na rzecz odpowiedzialnego rozwoju – projekt do konsultacji społecznych. Ministerstwo Rozwoju. Projekt z 29.07.2016 r.
- Surowce dla Przemysłu. Plan działań na rzecz zabezpieczenia podaży surowców nieenergetycznych. Ministerstwo Rozwoju, Projekt z 29.06.2016 r.
- Uberman, R. red. 2016. Ocena bieżącego zapotrzebowania na wybrane surowce mineralne nieenergetyczne z uwzględnieniem czynników makroekonomicznych, wraz z prognozą do roku 2030. Warszawa: PIG-PIB (materiały niepublikowane).

