

Kopalnia rud cynku i ołowiu Pomorzany skończyła 40 lat – jak długo jeszcze wystarczy jej zasobów?

Andrzej Paulo¹, Ryszard Wnuk²



A. Paulo



R. Wnuk

The Pomorzany Zn-Pb mine in Poland is 40 years old – when will its ore reserves become depleted? Prz. Geol., 63: 1483–1490.

Abstract. The Pomorzany mine, currently the only one Zn-Pb mine in Poland and one of the largest underground mines of this type worldwide (output 2.5 Mt/y) exceeded 40 years of operation on the MV-type deposit. In 1960, the first geological report on its resources based on drillings was issued. Data from this long period were used to analyse the resource management and evolution of reserve tonnage and quality due to changes in the economic and technical viability as well as to qualify different categories of mine reserves and losses due to the ongoing operation. The mine project was based on geological resource of 97.6 Mt ore averaging 4.12% Zn and 1.42% Pb. Resources extracted with documented low losses and those remaining in situ amount to 92.7 Mt averaging 4.18% Zn and 1.27% Pb. These figures indicate

the high accuracy of the exploration results and cost-effective management of resources. The observed trend of ore reserve increase over the last decade gives hope of delimiting at least 3 Mt over the next three years. The mine, which was planned for a 30-year life cycle, has sufficient reserves until 2016, and under favourable market conditions, may extend its life up to 2018.

Keywords: Pomorzany, Zn-Pb mine, resource management, ore reserves

Kopalnia Pomorzany jest ostatnią czynną kopalnią rud Zn-Pb w regionie śląsko-krakowskim. Region ten skupia jedno z największych złóż typu Mississippi Valley (MV) na świecie (Szuwarzyński, 1996). Są one eksploatowane co najmniej od XII w., lecz definitywnie zostały rozpoznane dopiero w okresie 1952–1977. Po II wojnie światowej było czynnych 10 kopalń, z których zostały zamknięte cztery w niecce bytomskiej w latach 1977–1989 po wyczerpaniu zasobów, trzy w niecce chrzanowskiej – w latach 1958–2009, a z trzech w okręgu olkuskim zamknięto już dwie. Dobrze zarysowany obszar perspektywiczny (Gruszczyk & Paulo, 1976) objął w okręgach olkuskim i zawierciańskim 156,3 km², na którym zidentyfikowano złoża o ogólnej powierzchni 98,4 km². Tak więc skuteczność poszukiwań była imponująca. Złoża w tych okręgach okazały się mniej regularnymi niż w nieckach bytomskiej i chrzanowskiej i jak dotąd tylko pięć z 14 złóż objęto w różnym zakresie zagospodarowaniem górnictwem.

Złoże cechuje duża zmienność mineralizacji, charakterystyczna dla złóż rud Zn-Pb typu MV. Analizy z niektórych przodków wykazywały niewiele ponad 2% Zn+Pb, z innych ponad 10%, a w skrajnych przypadkach 40% Zn lub 30% Pb. Utrzymanie stabilnej nadawy dla Zakładu Wzbogacania Rud wymagało otwarcia frontu na ok. 70 przodkach, co utrudnia koncentrację wydobywania.

Złoże kopalni Pomorzany zostało odkryte późno z powodu stosunkowo głębokiego usytuowania (80–140 m p.p.t.) w rowie tektonicznym. Na przyległym od południa zrębie działały w drugiej połowie XVI w. małe kopalnie galmanu i galeny w Dąbrówce i Starym Olkuszu oraz późniejsza kopalnia Józef (1814–1908) i odkrywka Dąbrówka (do 1911) należąca do gwarcetwa von Kramsta. Wykonano tam też już w XVI w. sztolnie odwadniające Ponikowską

i Pilecką, a w rejonie Bolesławia sztolnie Starczynowską, Ostowicką (Centauryjską) i Czajowską (Niewdana & Świć, 2011). Od zrębów rozpoczęło się udostępnianie złóż późniejszych kopalń Bolesław (1813 z przerwami do 1996) i Olkusz (1967–2001). W schyłkowym okresie kopalnia Bolesław wyeksploatowała część złoża Krzykawa (ryc. 1).

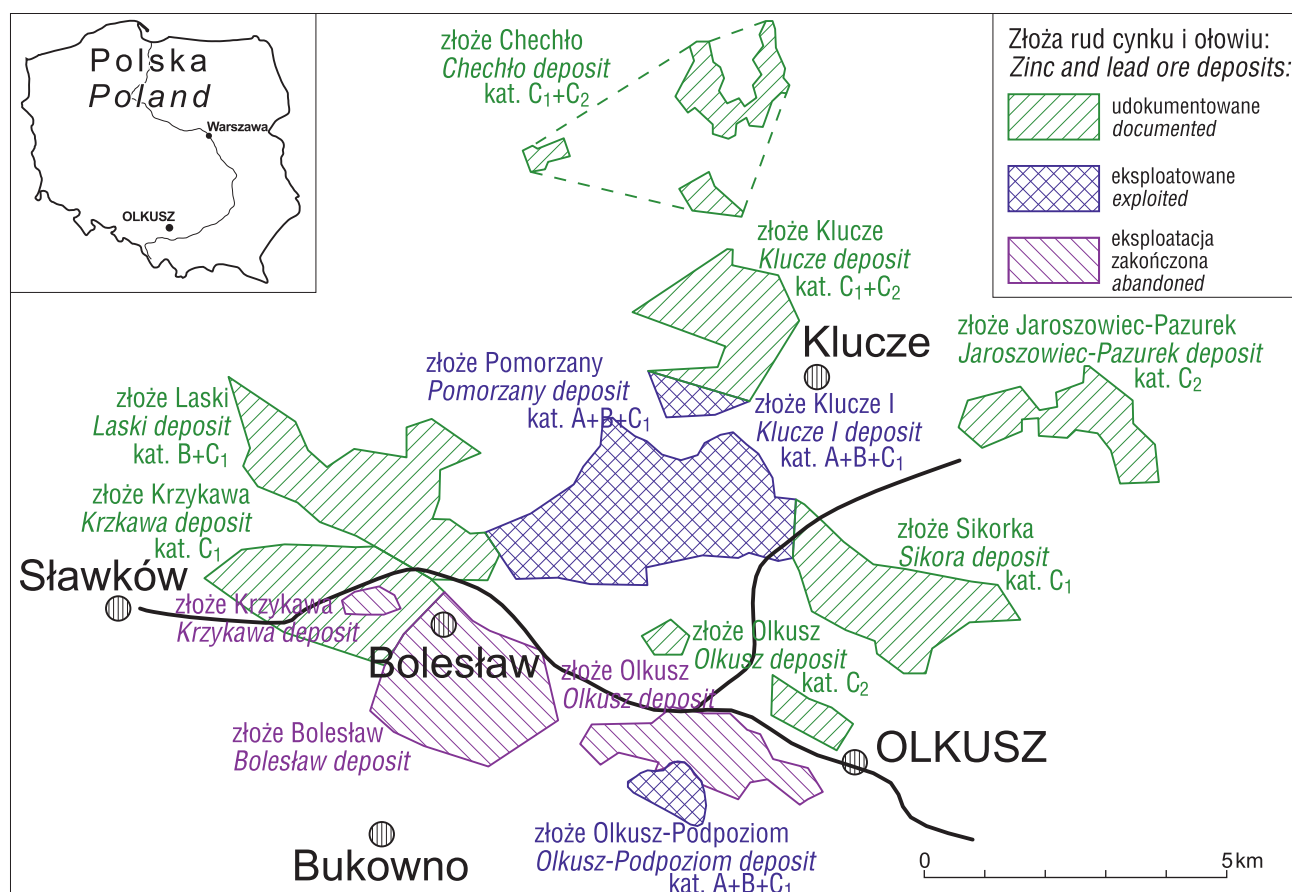
Celem pracy jest analiza gospodarki zasobami złoża Pomorzany i wynikająca z niej prognoza wystarczalności zasobów. Oprócz cytowanej literatury wykorzystano geologiczne dokumentacje zasobów, projekty zagospodarowania złoża i operaty ewidencyjne zasobów.

ODKRYCIE I ROZPOZNANIE ZŁOŻA

Na krótko przed II wojną światową Towarzystwo Francusko-Polskie odwierteło dwa otwory poszukiwawcze w okolicy wsi Hutki, usytuowane na podstawie badań geoelektrycznych Szwedzkiego Przedsiębiorstwa Geofizycznego. W jednym z nich natrafiono na śladowe ilości siarczków Zn i Pb. Do systematycznego rozpoznania wiertniczego przystąpiono w 1952 r. i dokumentowano odkryte złożo siedmiokrotnie w latach 1960–1992. Trzy pierwsze dokumentacje (1960, 1963, 1969) obejmowały obszar większy od aktualnej powierzchni złoża Pomorzany (7,9 km²) i stosowano w nich różne kryteria bilansowości. Peryferyczne ciała rudne zostały zaliczone w późniejszych dokumentacjach do złóż Klucze, Bolesław i Olkusz. W kategorii C₁, wymaganej przed decyzją o budowie kopalni, wykazano zasoby ok. 64 mln ton. Było to jedno z największych złóż na świecie (ryc. 2). W 1974 r. ruszyło wydobywanie, a urobek został skierowany do wspólnego z kopalnią Olkusz zakładu wzbogacania. Dopiero po 11 latach osiągnięto docelową zdolność wydobywczą 2,1 mln ton/rok.

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; andrzej.paulo@interia.pl.

² ZGH Bolesław, ul. Kolejowa 37, 32-332 Bukowno; wnuk.ryszard@wp.pl.



Ryc. 1. Złóża rud cynku i ołowiu w rejonie olkuskim
 Fig. 1. Zinc-lead ore deposits in the Olkusz region

Cztery kolejne dokumentacje (1976–1992) zostały wykonane po dokładniejszym rozpoznaniu złoża (kat. A–C₁) i przeliczeniu zasobów według zmienionych kryteriów. Wychodzą one naprzeciw postulatowi optymalizacji parametrów geologiczno-górnictwowych złoża (Jawień, 1975). Wiercenia poszukiwawcze w latach 2009–2011 na obrzeżach złoża nie spowodowały istotnych przyrostów zasobów. Interesujące, że w dokumentacji z 1992 r. wykazano nieco ponad 30 mln ton rudy pozostającej do wydobycia, co wraz z ilością wydobytego urobku i wykazanych strat dołowych dało 61 mln t. Oznacza to dużą dokładność rozpoznania, mimo że w latach 60. XX w. przestarzały sprzęt wiertniczy nie pozwalał na dobry uzysk rdzenia.

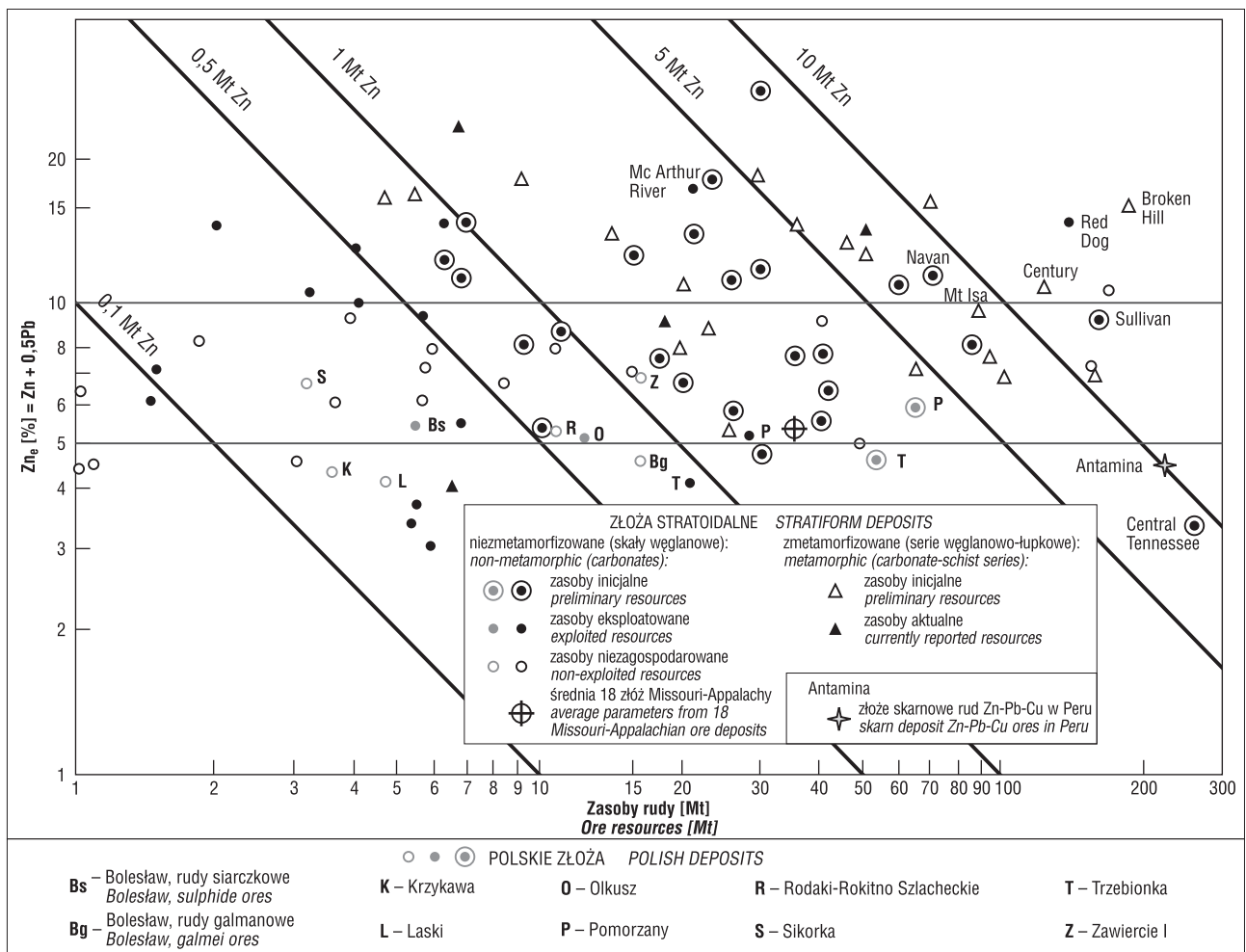
GOSPODARKA ZŁOŻEM I EWOLUCJA JAKOŚCI RUDY

Ustawa Prawo ochrony środowiska (Poś, 2001) postuluje racjonalne zagospodarowanie złoża, czyli rentowną eksploatację jak największej części zasobów i minimalizowanie szkód w środowisku. Realizacja tych sprzecznych zadań wymaga optymalizacji wielokryterialnej, m.in. określenia zasobów przemysłowych, tj. tej części, która w konkretnych warunkach geologiczno-górnictwowych, organizacyjno-technicznych i ekonomicznych może być bezpiecznie i rentownie udostępniona i wyeksploatowana. W 1992 r. zasoby przemysłowe stanowiły około 85% wielkości zasobów bilansowych. Mimo dobrego wskaźnika, przy tak dużej zmienności jaka cechuje złoża rud Zn-Pb, pojęcie zasobów przemysłowych nie odzwierciedla wiel-

kości ani jakości zasobów przewidzianych do eksploatacji. Trzeba od nich odjąć fragmenty złoża pozostawione ze względów technologicznych lub naturalnych, czyli straty (tworząc kategorię zasobów operatywnych), a dodać fragmenty nieuchronnie urabiane przez maszyny o gabarytach większych od miąższości złoża przemysłowego. Wyliczane w ten sposób zasoby eksploatacyjne są większe od operatywnych, lecz uboższe pod względem zawartości metali. Z tego powodu zarysowuje się znaczna różnica zawartości metali w zasobach przemysłowych i eksploatacyjnych, określana jako zubożenie (ryc.3).

Istnieje ogólna zasada jak najszybszego zwrotu nakładów inwestycyjnych. Powoduje to, że z biegiem lat działania kopalni są wyczerpywane bogatsze parcele złoża bilansowego, z reguły zakwalifikowane do zasobów przemysłowych, udostępnia się coraz uboższe fragmenty i w schyłkowej fazie kopalnia eksploatuje resztki dające znikomy zysk, nawet z pola zasobów pozabilansowych. Kolejne projekty zagospodarowania złoża (PZZ) w latach 1992, 1999 i 2011 wyeliminowały ze sfery zainteresowania górnictwa ciała rudne o zasobach nieprzemysłowych (Błąda, 2010), ale obecnie są one brane pod uwagę jako potencjalne rejonu eksploatacji. W Pomorzanych w 1999 r. zasoby przemysłowe stanowiły około 72%, a na przełomie lat 2013/2014 już tylko 44% bilansowych.

W okresie 1992–2013 nastąpiły znaczące przyrosty zasobów eksploatacyjnych (ZE) maskowane przez bieżące wydobycie. W 1992 r. ZE wynosiły 27,5 mln t, co gwarantowało wydobycie do 2006 r. W rzeczywistości do 2013 r. wydobyto więcej o 25,3 mln t z ZE (ryc. 4) lub o 22,9 mln t



Ryc. 2. Parametry polskich złóż rud Zn-Pb na tle złóż światowych (patrz Paulo, 1992)

Fig. 2. Tonnage/grade plot of stratiform Zn-Pb ore deposits showing the position of Polish deposits against world ones (see Paulo, 1992)

z zasobów przemysłowych (ZP). Średnio rocznie przyrastało około 1,5 mln t ZE, ale w ostatnich 5 latach coraz mniej. Na przyrosty zasobów wpływa przede wszystkim metodyka obliczania zasobów i ustalenia granic złoża, zmiany kryteriów bilansowości oraz analiza porównawcza profili opisowych otworów wiertniczych z atestami analiz. Czynniki te zostały przedstawione szczegółowo w artykule Paulo i Wnuka (2012).

Długookresową ewolucję jakości rudy najlepiej obrazuje porównanie procentowej zawartości metali w złożu bieżąco wyeksploatowanym do pozostałych zasobów eksploatacyjnych. W okresie od 1992 do 2013 r. zawartość Zn w rudzie eksploatowanej była na ogół wyższa niż w zasobach eksploatacyjnych o 7–10%. W przypadku Pb ta różnica wynosi 15–35% w obie strony, co wynika ze znacznie większej zmienności zawartości ołowiu w złożu (ryc. 5, 6).

WYKORZYSTANIE ZASOBÓW

W Założeniach Techniczno-Ekonomicznych budowy kopalni Pomorzany (Bipromet, 1970) określono przewidywane zasoby przemysłowe w ilości 51,7 mln t rudy o średniej zawartości 4,7% Zn i 1,8% Pb, w tym: 49,5 mln t rudy siarczkowej (4,7% Zn i 1,8% Pb) oraz 2,2 mln t tlenowych rud cynku o zawartości 3,9% Zn i 1,7% Pb. Można było spodziewać się strat eksploatacyjnych na poziomie 8–10%.

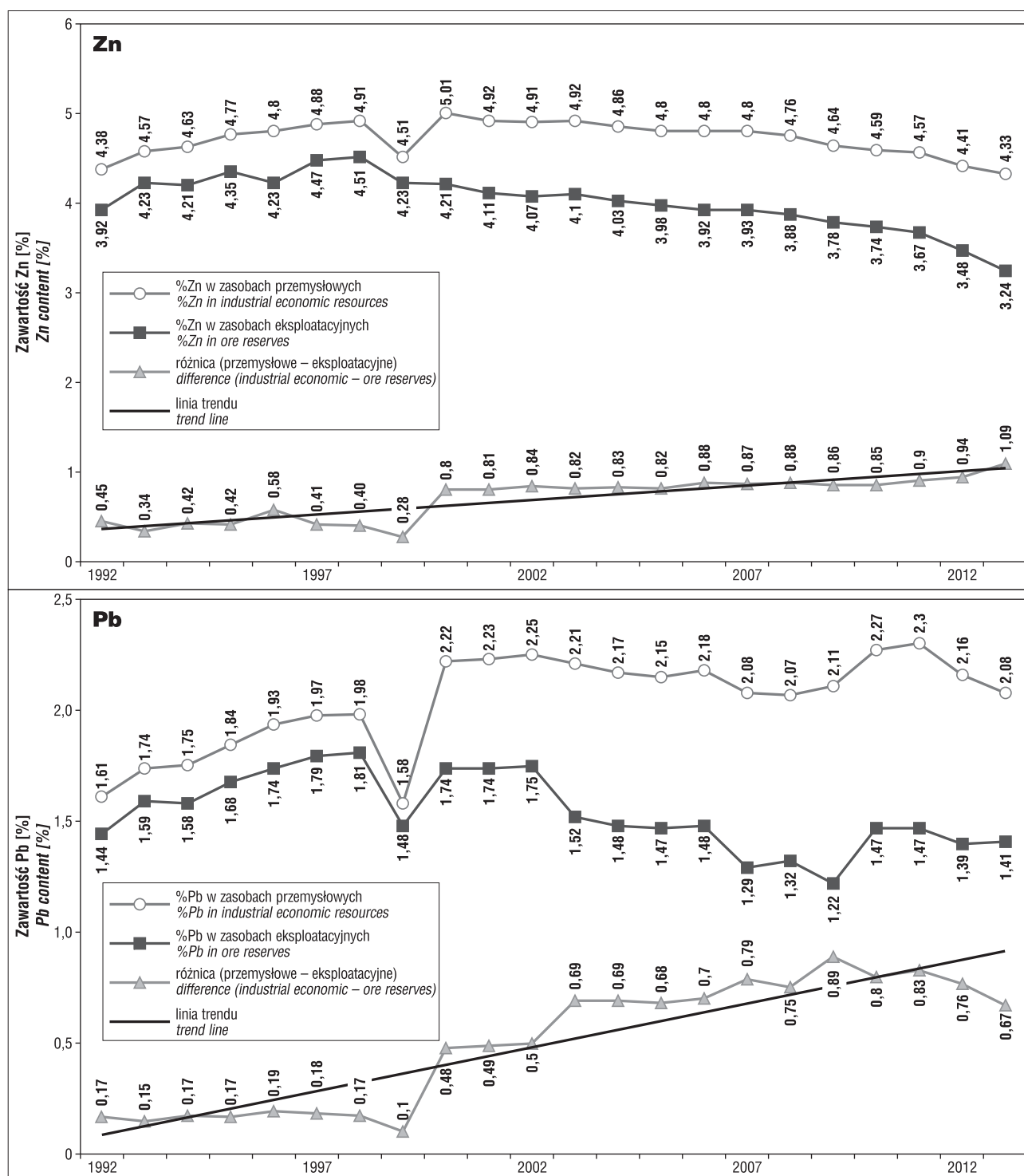
W konsekwencji żywotność kopalni oceniano na 23–24 lata, jeśli wydobywanie wyniosłoby 2 mln t/rok.

Tymczasem ilości rudy wydobytej w latach 1984–1989 i 1996–2011 okazały się większe od zakładanych. Wydobywano ponad 2 mln ton, a przyrosty zasobów były większe od wydobywania w całym okresie od 1978 r. Bilans zużycia zasobów na podstawie operatu ewidencyjnego przedstawia tabela 1.

W okresie 1974–2013 r. wyeksploatowano 71,8 mln t zasobów, a w nich 3,021 mln t Zn i 0,869 mln t Pb. W stratach

Tab. 1. Zużycie zasobów złoża Pomorzany do 2013/2014 r. [mln t]
Table 1. Depletion of ore reserves in the Pomorzany mine [Mt] until 2013/2014

Lp.	Kategoria Category	Ruda Ore	Zn	Pb
1	Urobek ogółem (2 + 3) Mine output	76,044	3,029	0,871
2	Wydobyta ruda Extracted ore	71,845	3,021	0,869
3	Zubożenie Dilution	4,199	0,008	0,002
4	Straty górnicze Mining losses	6,295	0,300	0,085
5	Zużycie zasobów (2 + 4) Depletion of reserves	78,140	3,321	0,954



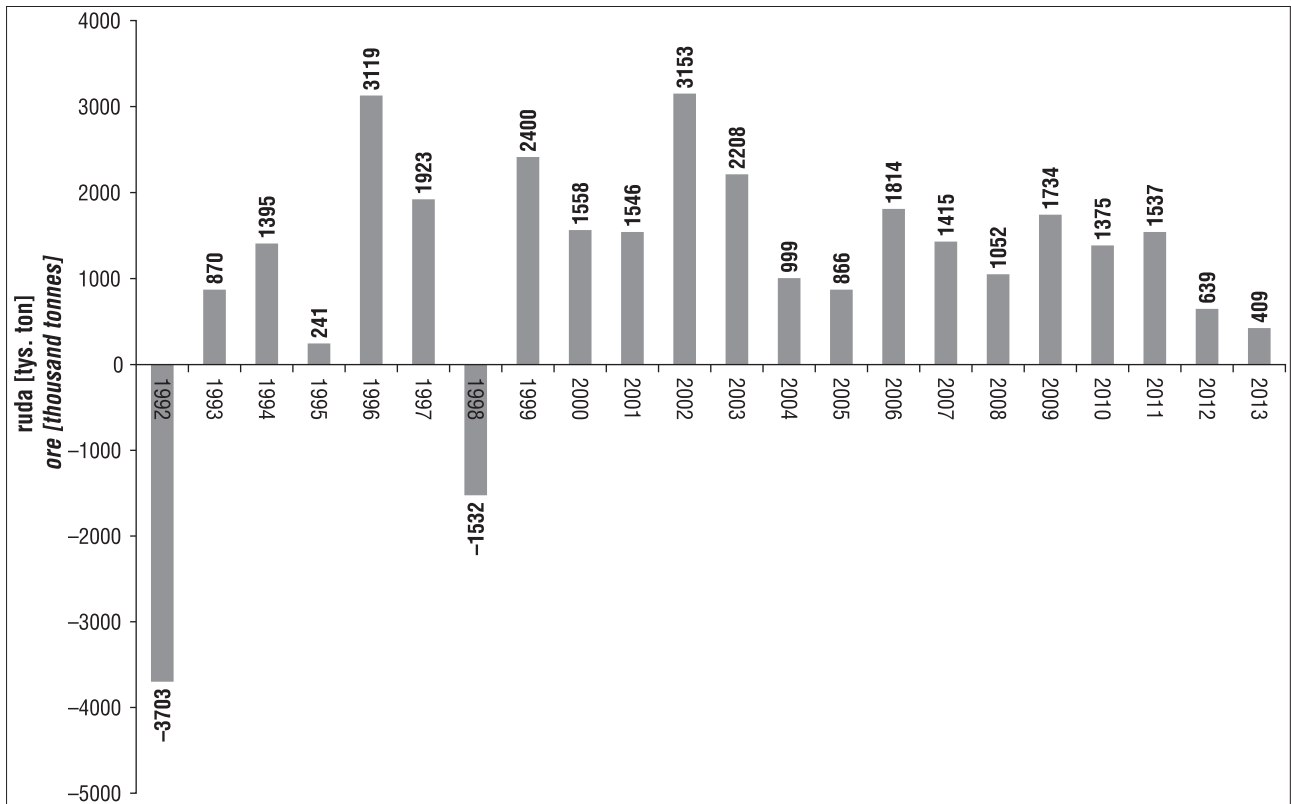
Ryc. 3. Zmiany zawartości cynku i ołowiu w zasobach przemysłowych i eksploatacyjnych po roku 1992
 Fig. 3. Changes in the zinc and lead content in economic resources and reserves since 1992

pozostało 6,3 mln t rudy, zużyto zatem 78,1 mln t zasobów. W zasobach geologicznych pozostaje jeszcze 14,6 mln t, a w zasobach przemysłowych – 5,8 mln t rudy. Sumaryczna ilość rudy w złożu objętym eksploatacją, wynosząca 83,9 mln t zasobów przemysłowych, jest oczywiście bliższa ilości rzeczywistej od zasobów przemysłowych ustalonych przed podjęciem eksploatacji na 51,7 mln t. Przyrosty zasobów przemysłowych od początku działalności górniczej do 2013 r. wyniosły 32,2 mln t rudy o zawartości średniej 3,51% Zn i 0,74% Pb, tj. około 1,13 mln t Zn i 0,24 mln t Pb. Nie stwierdzono istotnych ubytków w trak-

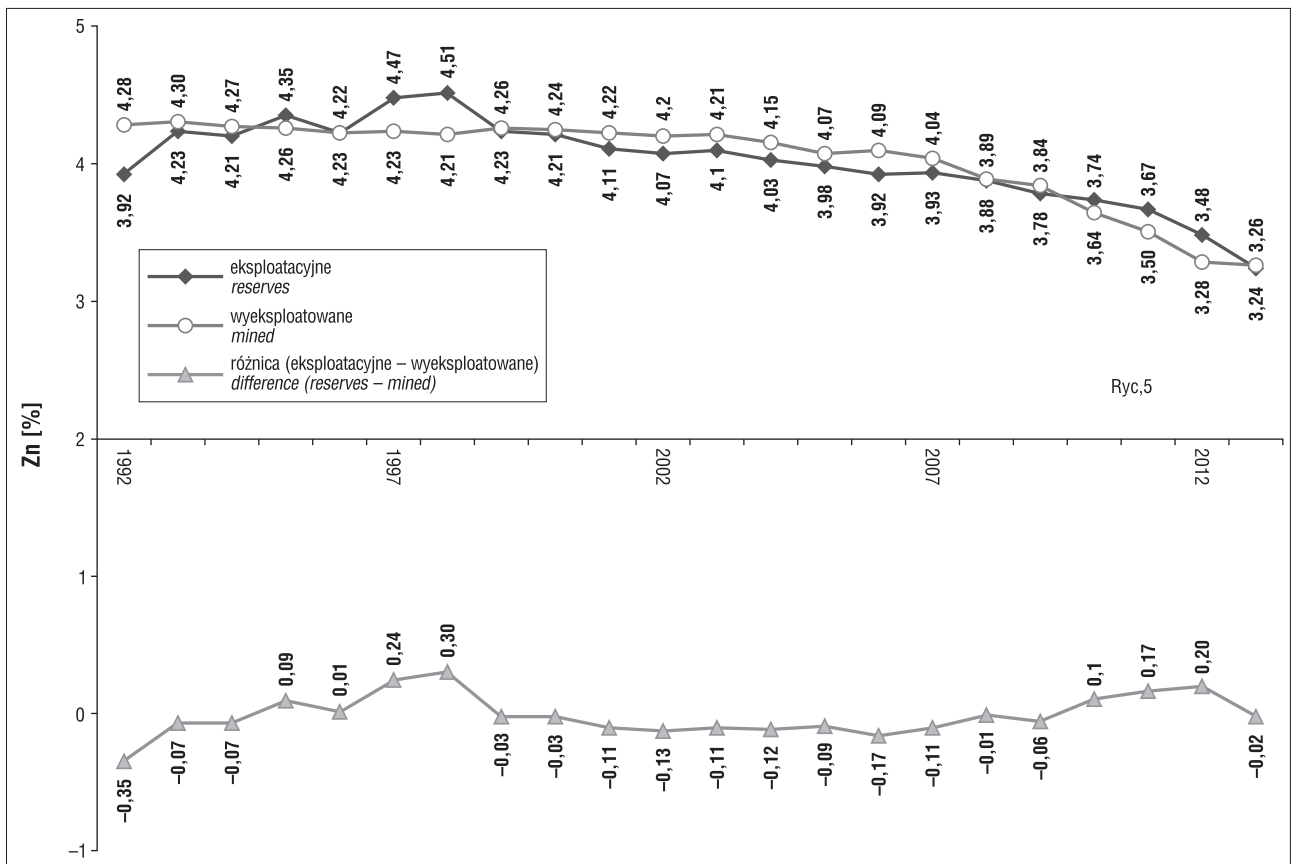
cie szczegółowego rozpoznania. Wskazuje to na dużą ostrożność dawnych dokumentatorów, którzy dysponowali materiałem wiertniczym niskiej jakości.

PERSPEKTYWA WYSTARCZALNOŚCI ZASOBÓW

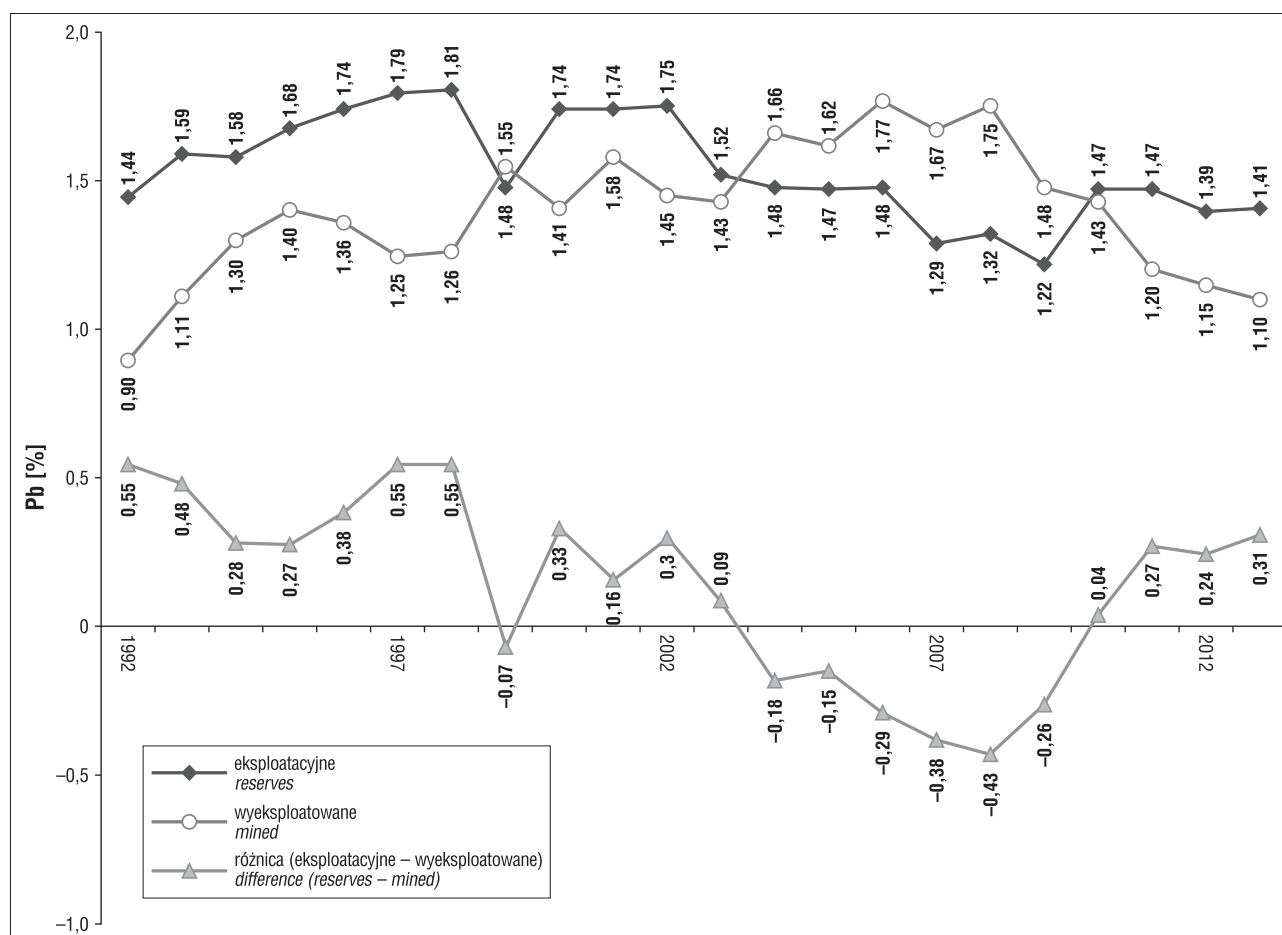
Analiza budowy złoża daje nadzieję na kolejne przyrosty zasobów z powodu (Wnuk, 2004; Paulo & Wnuk, 2012):
 – występowania małych parceli złoża pomiędzy otworami sieci rozpoznawczej,



Ryc. 4. Ruch zasobów eksploatacyjnych w złożu Pomorzany po roku 1992
 Fig. 4. Changes in the Pomorzany mine reserves since 1992



Ryc. 5. Porównanie zawartości cynku w zasobach eksploatacyjnych i wyeksploatowanych
 Fig. 5. Comparison of the zinc content in exploitable reserves versus depleted reserves



Ryc. 6. Porównanie zawartości ołowiu w zasobach eksploatacyjnych i wyeksploatowanych
 Fig. 6. Comparison of the lead content in exploitable reserves versus depleted reserves

– stwierdzenia złoża na podstawie oceny litologicznej (Błażda & Niedzielski, 1979) w miejscu nie wskazanym wcześniej analizami chemicznymi,

– przeklasyfikowania zasobów nieprzemysłowych do przemysłowych oraz pozabilansowych do bilansowych,
 – zmniejszenia strat w stosunku do założonych w PZZ.

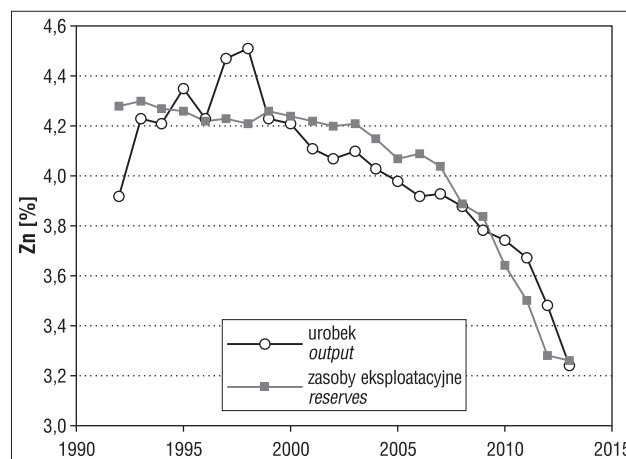
Niestety w ostatnich latach obserwuje się zarówno tendencję spadkową w przyrostach zasobów rudy, jak i spadek zawartości metali. W okresie najbliższych 3 lat prognozuje się przyrost zasobów eksploatacyjnych rudy jedynie w ilości 2,5 do 3 mln ton. Ograniczenia przyrostu zasobów są związane z przeciwdziałaniem zagrożeniom:

– stabilności górotworu w filarach ochronnych obiektów na powierzchni,

– geomechanicznym wyrobiskim podebranych eksploatacją i otoczonych przestrzenią wybraną,

– wodnym, w złożu nieodwodnionym, poniżej poziomów wydobywczych.

Z analizy trendu proporcji przyrostów zasobów przemysłowych do ich ubytku na skutek wydobycia (Paulo i in., 2014) wynika, że w okresie 2014–2017 może przybyć ponad 2,6 mln t rudy. Podobnie, analizy trendu zmian zawartości procentowej Zn i Pb pozwalają prognozować jakość rud w latach 2014–2017 (ryc. 7–9). Skokowe zmiany jakości zarejestrowane w obecnym stuleciu wskazują na pole niepewności prognozy. Trend zmian zawartości Zn jest wyraźnie spadkowy (od 1,98 do 1,61%), natomiast ilość Pb jest niemal stała (0,68–0,76%). Z uwagi na fakt, że

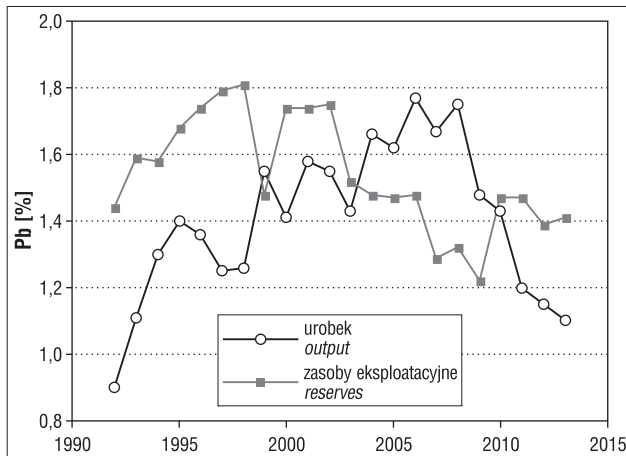


Ryc. 7. Porównanie zawartości Zn w zasobach eksploatacyjnych i urobku

Fig. 7. Comparison of the zinc content in exploitable reserves versus mine output

zasoby są udokumentowane w kategoriach A i B, prognoza ta może być obciążona błędem rzędu 10–20%. Realne jest takie sterowanie jakością urobku w skali roku, żeby gwarantowała opłacalność operacji od wydobycia do produkcji koncentratu i pozostawiała zasoby zdadne do eksploatacji w kolejnych latach.

W ostatnich latach kopalnia Pomorzany uzyskuje dodatkowe ilości rudy ze złóż rezerwowych. Nie wpływają

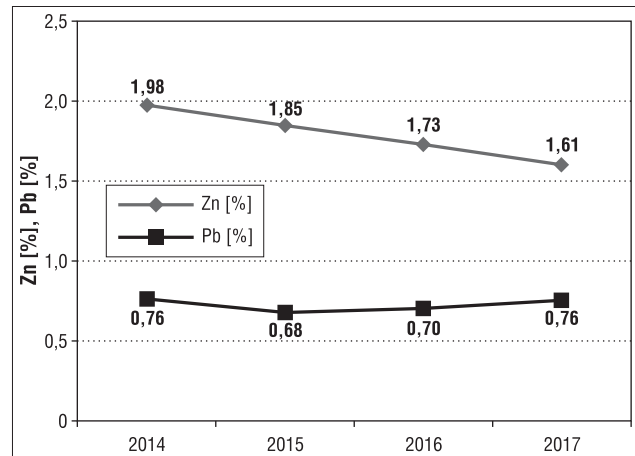


Ryc. 8. Porównanie zawartości Pb w zasobach eksploatacyjnych i urobku

Fig. 8. Comparison of the lead content in reserves versus mine output

one decydująco na perspektywy wydłużenia cyklu jej życia z powodu małych zasobów. W latach 2002–2013 wydobyto 3,05 mln t rudy ze złoża Olkusz-Podpoziom, a w latach 2009–2013 – 0,31 mln t ze złoża Klucze I. Pomimo eksploatacji tych peryferycznych ciał rudnych planuje się w najbliższych latach stopniowe obniżenie wydobycia z 2,5 mln t w 2010 r. i 2,4 mln t w 2013 r. do docelowych 1,2–1,3 mln t.

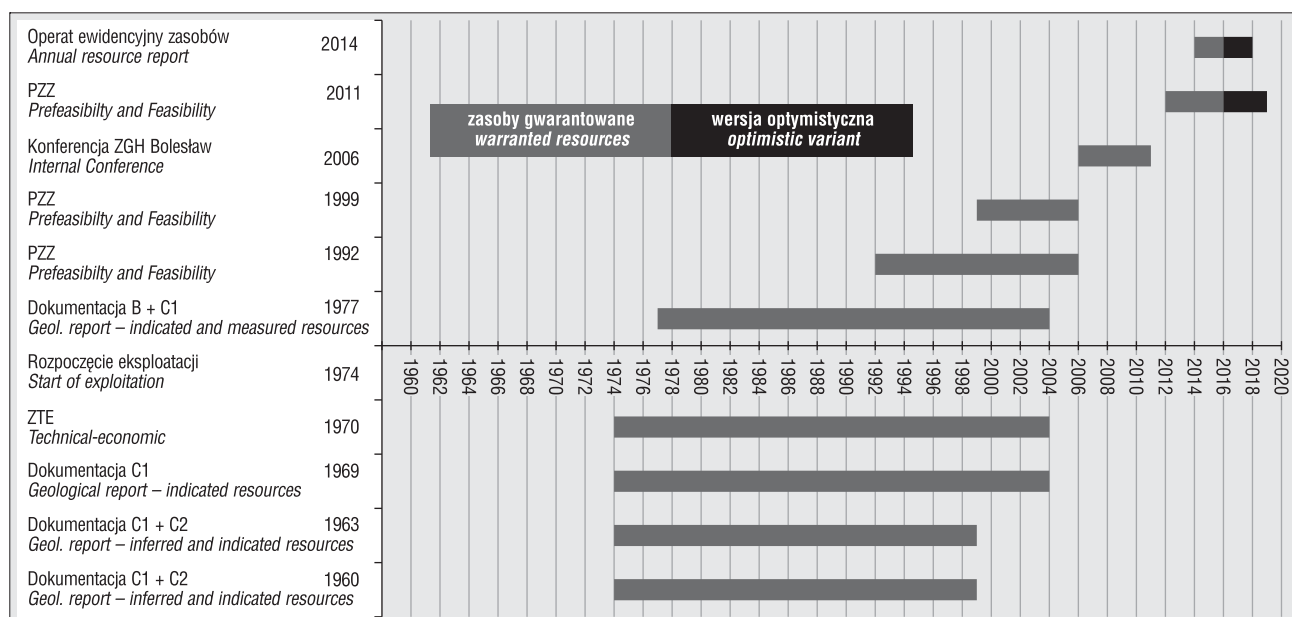
Wystarczalność zasobów tylko na pozór jest łatwa do określenia, jeśli traktujemy ją jako iloraz zasobów i stałej zdolności wydobywczej. W warunkach gospodarki rynkowej zmiana cen surowców może diametralnie zmienić opłacalność wydobycia w poszczególnych parcelach. Na początku lat 90. XX w. przewidywano wystarczalność zasobów złoża Pomorzany na lata 2006–2007 (Paulo, 1992; Przeniosło i in., 1992). Mniej więcej ten sam okres żywotności kopalni wynikał z PZZ opracowanych w 1992 i 1999 r. (ryc. 10). Pięć lat później sugerowano możliwość dotrwania kopalni do lat 2010–2015, m.in. pod warunkiem



Ryc. 9. Prognozowana zawartość Zn i Pb w przyrostach zasobów na lata 2014–2017

Fig. 9. Predicted Zn and Pb contents in additional reserves for the period 2014–2017

udostępnienia złoża Klucze powyżej poziomu +192 m n.p.m. (Nieć i in., 1997). Jednak w 1999 r. pod wpływem bessy cenowej prognozę wystarczalności zasobów skrócono do lat 2007–2008 (Socha & Wnuk, 1999), a po kilku latach wydłużono ją do roku 2011 (Wnuk i in., 2007). W PZZ z 2011 r. założono wydobycie do 2016 r., nie wykluczając możliwości jej wydłużenia do roku 2019. Zmiany poglądów na wystarczalność zasobów przedstawiono na rycinie 10. Aktualnie kopalnia dysponuje jeszcze ok. 6,2 mln t zasobów eksploatacyjnych na złożu Pomorzany i prognozuje przyrosty zasobów w ilości co najmniej 2,6 mln t. Łączna ilość zasobów, około 8,9 mln t, daje teoretyczną możliwość eksploatacji 1,6–1,7 mln t rudy w okresie 2014–2018, uwzględniając straty 10–15%. Pod warunkiem utrzymania wysokich cen metali złoża będzie eksploatowane ze stopniowo redukowaną mocą do 2018 r., a w nieco mniej sprzyjających okolicznościach kopalnia wkroczy w stan likwidacji po roku 2016.



Ryc. 10. Evolucja poglądów na wystarczalność zasobów ZGH Bolesław (złoża Pomorzany, Olkusz-Podpoziom, Klucze I)

Fig. 10. Evolution of forecasts for ore reserve longevity in the Boleslaw Mine & Metallurgy Company (Pomorzany, Olkusz-Deep and Klucze I ore deposits)

Pracę wykonano w ramach badań własnych AGH, nr tematu 11.11.140.175

LITERATURA

- BIPROMET 1970 – Założenia Techniczno-Ekonomiczne kopalni Pomorzany. Bipromet, Katowice.
- BLAJDA R. 2010 – Zmiany zasobów niezagospodarowanych złóż rud cynku i ołowiu obszaru górnośląskiego na różnych etapach ich dokumentowania. Rudy i metale nieżelazne, 55 (12): 831–837.
- BLAJDA R. & NIEDZIELSKI B. 1979 – Porównanie wyników oceny wizualnej z wynikami chemicznego oprobrowania jednego ze złóż cynkowo-ołowiowych. Prz. Geol., 27 (12): 665–668.
- GRUSZCZYK H. & PAULO A. 1976 – Strefa przejściowa w utworach węglanowych triasu obszaru Olkusza. Kwart. Geol., 20 (4): 737–749.
- JAWIEŃ M. (red.) 1975 – Ustalenie podstawowych parametrów geologiczno górnictwowych dla rozpoznanych i perspektywicznych obszarów złóż cynku i ołowiu w rejonie olkusko zawierciańskim etap I. Instytut Projektowania i Budowy Kopalń AGH w Krakowie
- NIEĆ M., KICKI J., SAŁUGA P., STACHURSKI K., PŁOSKONKA A., WNUK R. & ĆMIEL M. 1997 – Uwarunkowania geologiczne i ekonomiczne poszerzenia bazy zasobowej rud cynku i ołowiu w horyzoncie czasowym 2010–2015. CPPGSMiE PAN, Kraków 1997.
- NIEWDANA J. & ŚWIĆ E. 2011 – Żywiły. W świecie podziemnych skarbów olkuskich kopalń rud. ZGH Bolesław, Bukowno.
- PAULO A. 1992 – Ocena wartości gospodarczej złóż na przykładzie rud Zn-Pb w Polsce. Mat. II Konf. Aktualia i perspektywy gospodarki surowcami mineralnymi, Zakopane. CPPGSMiE PAN w Krakowie 1992: 11.1–11.31.
- PAULO A. & WNUK R. 2012 – Złoże rud cynku i ołowiu Pomorzany po 36 latach eksploatacji – zmienna wizja wystarczalności zasobów. Rudy i metale nieżelazne, 57 (2): 67–75.
- PAULO A., CIEŚLIK B. & WNUK R. 2014 – Gospodarka zasobami rud w okresie 40 lat eksploatacji wielkiego złoża rud cynku i ołowiu Pomorzany. Konf. Jubileusz 40-lecia Kopalni „Pomorzany”. ZGH Bolesław: 14–25.
- POŚ 2001 – Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska l. Dz.U. z 2013 r. poz. 1232.
- PRZENIOSŁO S., RADWANEK BĄK B. & SMAKOWSKI T. 1992 – Analiza gospodarki rudami cynku i ołowiu w Polsce (wg stanu na koniec 1990 roku). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SOCHA J. & WNUK R. 1999 – Uwarunkowania geologiczno-górnictwowe ruchu zasobów w kop. Pomorzany. Materiały Konferencji „Stan aktualny i perspektywy górnictwa rud Zn-Pb w Polsce”. ZGH Bolesław.
- SZUWARZYŃSKI M. 1996 – Ore bodies in the Silesian-Cracow ore district, Poland. Pr. Państw. Inst. Geol., 154: 9–24.
- WNUK R. 2004 – Ogólne informacje o złożach rud cynku i ołowiu oraz opis złóż rejonu olkusko-bolesławskiego [W:] Liszka J. & Świć E. ZGH Bolesław: Dzieje – Wydarzenia – Ludzie. Bukowno 2004: 19–50.
- WNUK R., RETMAN W., WALCZAK K., PIĄTEK G., ADAMCZYK Z. & KUBANSKI W. 2007 – Prognoza przyrostu zasobów niektórych złóż rud siarczkowych rejonu olkuskiego (z uwzględnieniem stanu zasobów rud tlenkowych) w aspekcie ich potencjalnego zagospodarowania. Mat. Konf. Górnictwo Zn i Pb na początku XXI wieku. ZGH Bolesław: 2–20.