



Marek NIEĆ*, Ewa SALAMON**

Zmiany zasobów złóż paliw kopalnych (kopalini energetycznych) w Polsce w ostatnim półwieczu

Streszczenie: Analiza stanu zasobów w przeszłości pozwala na poznanie czynników kształtujących jego zmiany i ułatwić może ich prognozowanie i oceny stopnia zabezpieczenia zapotrzebowania krajowego na surowce. Stan ewidencjonowanych zasobów złóż kopalni podlega stałym zmianom w wyniku eksploatacji, rozpoznawania nowych złóż, zmiany informacji o zasobach – w szczególności z tytułu lepszego rozpoznania złóż lub zmian kryteriów definiujących złoża (kryteriów bilansowości) – oraz likwidacji kopalni. Źródłem danych o zasobach jest Bilans zasobów złóż kopalni w Polsce, publikowany corocznie.

W rozpatrywanym czasie od 1960 r. występowały okresowo skokowe przyrosty zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego w wyniku odkryć złóż i po każdym chwilowym wyraźnym wzroście stopniowe zmniejszanie zasobów w następnych latach, z powodu ich szczypania. Wystarczalność zasobów przemysłowych ropy naftowej i gazu ziemnego przy aktualnym wydobyciu wynosi tylko kilkanaście lat, o ile nie nastąpią odkrycia nowych znaczących zasobów. Znaczące skokowe zmiany zasobów węgla brunatnego następowały w wyniku wprowadzania do bilansu zasobów dokumentowanych dużych złóż oraz od 2009 r. wielu złóż udokumentowanych w kategorii D. Zasoby złóż zagospodarowanych stanowią tylko kilka procent całości zasobów węgla brunatnego. Wyraźnie zauważalne jest ich zmniejszanie się w wyniku eksploatacji. Zasoby przemysłowe zapewniają wystarczalność tych zasobów do kilkunastu lat. Istnieje ogromna ich nadwyżka w złożach rezerwowych. Poważne ograniczenia możliwości ich wykorzystania spowodowane są wymaganiami ochrony środowiska przede wszystkim krajobrazu i głównych zbiorników wód podziemnych. Zmiany zasobów węgla kamiennego są złożone z powodu drastycznych zmian kryteriów bilansowości oraz skreśleń i przekwalifikowywań zasobów w związku z restrukturyzacją i likwidacją kopalni. Do 1990 r. miał miejsce stały ich przyrost w wyniku dokumentowania, a następnie, do 2005 r., systematyczny ich spadek, z powodu eliminacji zasobów poniżej 1000 m i tych zbyt słabo zbadanych oraz z powodu likwidacji kopalni. Od 2005 r. następuje wzrost zasobów wykazywanych jako bilansowe spowodowany zaliczeniem do nich wcześniej uznanych za pozabilansowe. Wykazywane zasoby przemysłowe zapewniają wydobycie węgla w okresie około 45 lat. Duże rezerwy zasobowe znajdują się w złożach niezagospodarowanych. Zasoby metanu w pokładach węgla systematycznie dokumentowane od lat 90. XX w. wykazywane są jako kopalina towarzysząca oraz w niektórych niezagospodarowanych złożach węgla kamiennego jako główna. Wydobyciu metanu w czynnych kopalniach towarzyszy znaczny jego ubytek w powietrzu wentylacyjnym.

Słowa kluczowe: kopaliny energetyczne, zasoby, Polska

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

Variation of fossil fuels resources in Poland during the last half century

Abstract: The time variation of reported resources of fossil fuels allows to point the factors affecting them, and may be useful for their future prediction as well as evaluation of their sufficiency for supply appropriate commodities. The demonstrated resources varies due to exploitation, exploration of new deposits or better exploration of already known, changes of deposit boundaries or parameters defining them or closing down existing mines. The data on mineral resources are systematically reported in Poland in standardized uniform manner and published since 1952 by Polish Geological Institute. During the analyzed period, since 1960 up to recent year periodically appeared sudden increase of reported resources due to the discoveries of new oil or gas fields, followed by stepwise their decrease in subsequent years by exploitation. The demonstrated oil and gas reserves allow their domestic supply during teens of years only.

The instantaneous repeated increases of lignite resources were the consequence of reporting resources of the discovered huge new deposits (up to over 1 bln. t each) or since the year 2009 of reported inferred resources (in D category according to the Polish resources classification), of several deposits formerly reported as prognosticated only. The lignite resources of exploited deposits consist only few percent of their reported total amount, and their constant decrease is observed following exploitation. The demonstrated lignite resources are sufficient for their mining during teens of years. There is vast surplus of resources in undeveloped lignite deposits, but exist strong opposition against their mining caused by environment protection exigencies: of landscape and underground aquifers with the good quality potable water. The variations of hard (black, bituminous) coal deposits are more composed because of drastic changes of criteria defining the deposit as mineable, and closing down of several mines. Up the year 1990 the constant increase of coal resources occurred, and afterwards, up to the year 2005 their systematic decrease. It was caused by the stepwise elimination from the official resources report, the coal resources encountered below the 1000 m depth, as well as the resources insufficiently explored. Beginning from the year 2005 increase of total coal resources is noticed, considered economically mineable, by including the resources formerly considered as uneconomic. The coal reserves allows their mining during about 45 years. Great coal resources occurs in undeveloped deposits. The coal bed methane resources since 1990 year are systematically reported as the coal accompanying component and in the few undeveloped coal deposits as the main commodity. In the active coal mines great amount of methane is lost as emitted with the ventilation air.

Keywords: fossil fuels, resources, Poland

Wprowadzenie

W dyskusji na temat polityki surowcowej i bezpieczeństwa surowcowego zazwyczaj jako punkt wyjścia przyjmuje się aktualny stan zasobów złóż kopalin i ich zagospodarowania oraz prognozy ich zmian w przyszłości. Analiza stanu zasobów w przeszłości pozwala na poznanie czynników kształtujących jego zmiany i ułatwić może ich prognozowanie. Przegląd zmian zasobów w długim okresie dostarcza interesujących informacji odnośnie kształtowania się krajowej bazy zasobowej, gospodarki zasobami i stopnia zabezpieczenia zapotrzebowania krajowego na surowce.

Rozpatrzone zostało kształtowanie się zasobów kopalin energetycznych; gazu ziemnego, ropy naftowej i węgla: brunatnych i kamiennych.

Zasoby złóż kopalin w Polsce są systematycznie ewidencjonowane od 1954 r. W okresie początkowym wprowadzane były stopniowo do bilansu zasoby znanych złóż, sukcesywnie w ślad za sporządzaniem ich dokumentacji geologicznych, w myśl jednolicie sformułowanych zasad. Powodowało to w sposób oczywisty wzrost ewidencjonowanego ich stanu. Proces ten zakończył się w latach pięćdziesiątych (XX w.). Okres ten został z tego powodu pominięty w przedstawionej niżej analizie zmian stanu zasobów. Po 1960 r. przyrost zasobów następował przede wszystkim w wyniku odkryć i rozpoznawania nowych złóż.

1. Problemy zmian ewidencjonowanych zasobów

Stan ewidencjonowanych zasobów złóż kopalin podlega stałym zmianom. Ich przyczyną jest:

- eksploatacja złóż i związane z nią nieuchronne straty zasobów, których wydobycie staje się niemożliwe;
- rozpoznawanie nowych złóż;
- zmiany informacji o zasobach w szczególności z tytułu:
 - lepszego rozpoznania złóż,
 - zmian kryteriów definiujących złoża (kryteriów bilansowości);
- decyzji administracyjnych dotyczących złóż, np. w związku z likwidacją kopalń.

Zmiany te niekiedy bywają bardzo duże, ujawniają się bądź skokowo, bądź systematycznie w zależności od sposobu ich wprowadzania do bilansu zasobów.

Zwykle analizowane są zmiany wydobycia kopalin i ocena stopnia zabezpieczenia potrzeb surowcowych i co najwyżej bieżące zmiany zasobów. Restrukturyzacja górnictwa węglowego spowodowała zainteresowanie zmianami zasobów węgla kamiennego i wyciąganie na ich podstawie wniosków, nie zawsze słusznych odnośnie do gospodarki nimi.

2. Źródła danych o zasobach

Począwszy od 1952 r. stan zasobów kopalin w Polsce w złożach udokumentowanych jest wykazywany w *Bilansie zasobów złóż kopalin*. Sporządzany jest przez Państwową Służbę Geologiczną (Państwowy Instytut Geologiczny) i publikowany, po akceptacji ministra do spraw środowiska (do 1985 r. przez Prezesa Centralnego Urzędu Geologii).

Bilans zasobów geologicznych złóż zestawiany jest na podstawie:

- dokumentacji geologicznych złóż opracowywanych od 1954 r. w myśl jednolitych zasad¹,
- dodatków do dokumentacji geologicznych złóż aktualizujących stan udokumentowanych zasobów po zasadniczych ich zmianach (np. w wyniku zmiany kryteriów bilansowości, zmiany interpretacji budowy złoża lub zmiany jego granic),
- operatów ewidencyjnych zasobów sporządzanych co roku i przedstawiających zmiany zasobów w wyniku eksploatacji złoża: wydobycia kopaliny oraz lepszego rozpoznania w czynnym zakładzie górniczym.

Wykazywane w Bilansie zasoby przemysłowe są przedstawiane na podstawie Projektów zagospodarowania złóż (PZZ) i korygowane co roku na podstawie operatów ewidencyjnych zasobów.

¹ Formułowane były zarządzeniami Prezesa Centralnego Urzędu Geologii z 1954, 1964 i 1980 r., w załączonych do nich Instrukcjach w sprawie zasad i sposobu ustalania zasobów złoża kopaliny stałej oraz w 1968 i 1980 r. w Instrukcjach w sprawie ustalania zasobów złoża ropy naftowej i gazu ziemnego oraz trybu sporządzania dokumentacji geologicznej zawierającej ustalenia zasobów, a po 1994 r. – rozporządzeniach ministra do spraw środowiska w sprawie dokumentacji geologicznej złoża oraz w Wytycznych... i Zasadach dokumentowania złóż kopali stałych Komisji Zasobów Kopalin, publikowanych w 1991, 1999, i 2002 r. oraz Zasadach dokumentowania złóż ropy naftowej, gazu ziemnego i metanu w pokładach węgla publikowanych w 2002 r. (Żółtowski 1954, 1964; Przepisy... 1968, 1980; Wytyczne...; Zasady... 1999, 2002a, 2002b).

Zasoby są wykazywane według stanu na dzień 31 grudnia każdego roku. W przypadku opracowania dokumentacji geologicznej lub dodatku do niej w ciągu roku kalendarzowego przedstawiany jest w nich stan zasobów na 31 grudnia roku poprzedniego, a odpowiednie dane wprowadzane są do bilansu z rocznym opóźnieniem. Niekiedy opóźnienie to jest większe, jeśli przyjęcie dokumentacji następuje po 31 grudnia w roku jej wykonania.

Dane o zasobach, na podstawie których sporządzany jest ich bilans, są gromadzone w skomputeryzowanej bazie danych. Początkowo był to system SUEZ, a od 1989 roku system MIDAS (Przeniosło 1994). Gromadzone są w nim także dane nie przedstawiane w Bilansie zasobów: podstawowe informacje o złożach (na podstawie załączanych do każdej dokumentacji geologicznej kart informacyjnych złóż) oraz zmianach stanu zasobów w wyniku prowadzonej eksploatacji.

Bilans zasobów niestety nie jest wolny od zdarzających się pomyłek i przekłamań, co należy mieć na uwadze przy korzystaniu z zawartych w nim danych. Zdarzają się przypadki podawania błędnych informacji przesyłanych przez przedsiębiorców. Znajduje to wyraz w rozbieżnościach między wielkościami zasobów w oficjalnych zestawieniach ich ilości podawanych dla tego samego okresu przez różne instytucje (Paszczka 2012).

W Bilansie zasobów początkowo wykazywane były odrębnie zasoby udokumentowane w kategoriach C_2 , C_1 oraz łącznie $A+B$. W latach 1977–1985 podawano także informację o zasobach prognostycznych (kategorii D_1), określanych także jako szacunkowe, perspektywicznych (kategorii D_2) i potencjalnych (kategorii D_3 lub E). Później tego zaniechano. Obecnie w Bilansie zasobów wykazywane są odrębnie zasoby łącznie w kategoriach $A+B+C_1$ oraz w kategorii C_2 . Od 2010 r. wykazywane są także zasoby w kategorii D (prognostyczne), łącznie z udokumentowanymi w kategorii C_2 . We wszystkich kategoriach wyróżniane są zasoby:

- bilansowe, których eksploatacja jest uważana za możliwą,
- pozabilansowe, których eksploatacja jest aktualnie niemożliwa, ale oczekuje się, że może stać się możliwa w przyszłości,
- przemysłowe, przewidziane do eksploatacji w aktualnych warunkach określonych przez projekty zagospodarowania złóż.

Niezależnie od Bilansu zasobów udokumentowanych, okresowo sporządzane są i publikowane bilanse zasobów prognostycznych w kategorii D_1 (zbadanych w stopniu nie odpowiadającym kategorii C_2 , nie ujętych w Bilansie) oraz perspektywicznych (przypuszczalnych, hipotetycznych w kategorii D_2). Bilanse takie wykonywano w latach: 1970 (Bolewski i Gruszczyk 1979), 1980 (Bolewski i Gruszczyk 1986), 1990 (Bąk i Przeniosło 1993), 2010 (Wołkowicz i in. 2011). Oszacowania tych zasobów były dokonywane na podstawie różnych kryteriów, dlatego też nie są one wzajemnie w pełni porównywalne. Dają jednak pogląd na ewolucję stanu świadomości o potencjalnej rezerwie surowcowej. Poniższe rozważania nie obejmują tych zasobów.

3. Model zmian stanu zasobów

Zmiany stanu zasobów pojedynczego złoża powinny teoretycznie przebiegać w myśl schematu: szybki jednorazowy przyrost zasobów w wyniku rozpoznania złoża, okres ich stabilizacji do czasu zagospodarowania złoża i późnej stopniowe zmniejszanie się zasobów

w wyniku ich eksploatacji aż do momentu wyczerpania zasobów uznanych za możliwe do wydobycia w sposób ekonomicznie uzasadniony. W rzeczywistości obraz ten jest bardziej złożony. Przyrost zasobów w wyniku rozpoznania następuje zwykle etapami w sposób skokowy. Często po pierwszym etapie badania złoża i jego wstępnym udokumentowaniu (kopaliny stałych w kategorii C₂, węglowodorów w kategorii C), w wyniku dalszych badań następuje korekta stanu zasobów i ich zwiększenie lub zmniejszenie w wyniku lepszego rozpoznania złoża i jego granic. Częstym zjawiskiem jest zmniejszenie początkowo wykazywanych zasobów, wynikające z lepszego zbadania jego budowy, zwłaszcza tektoniki, a w przypadku złóż węglowodorów w wyniku przeliczenia zasobów metodami dynamicznymi.

Ograniczona dokładność rozpoznania złoża powoduje, że w czasie jego eksploatacji ma miejsce stała korekta stanu zasobów w miarę postępu eksploatacji i coraz lepszego poznawania szczegółów jego budowy i nieraz położenia naturalnych jego granic wcześniej określonego tylko w przybliżeniu. Wyrażą się to zwiększaniem lub zmniejszaniem wielkości wykazywanych zasobów jako ich „przyrosty” i „ubytki”. Pojęcie „ubytku” w tym przypadku jest tylko wyrazem zmiany informacji o zasobach, a nie fizycznym zmniejszeniem ich masy, gdyż tych zasobów wcześniej nie było.

Zmiany te modyfikują obraz zmian zasobów w wyniku ich eksploatacji. Przyrosty zasobów spowalniają tempo ich wyczerpywania i przedłużają żywotność kopalń.

W przypadku łącznych zasobów wielu złóż obserwuje się podobne tendencje zmian, które są wynikiem ich sumowania. Wyraźniej jednak zaznaczają się skokowe ich zmiany spowodowane odkryciami złóż i wprowadzaniem ich do bilansu zasobów. Mniej wyraźne są zmiany zasobów spowodowane skreślaniami z ewidencji resztkowych ich ilości pozostających w złożach, których eksploatacja została zaniechana i których wydobycie obecnie i w przyszłości uznane zostało za niemożliwe.

Dodatkowym czynnikiem powodującym modyfikację ewidencjonowanej wielkości zasobów są zmiany:

- kryteriów bilansowości, definiujących granice złóż, których eksploatacja uważana jest za możliwą,
- sposobu definiowania zasobów przemysłowych, których eksploatacja jest przewidywana.

Coroczne zmiany rejestrowanych zasobów w stosunku do roku poprzedniego, $\Delta Q_r = Q_n - Q_{n-1}$, spowodowane są ich przyrostem w wyniku udokumentowania dodatkowych zasobów Q_d i ubytkiem ich ilości w wyniku eksploatacji Q_e . Całkowity przyrost zasobów ΔQ (z których część została wydobyta) wynosi zatem:

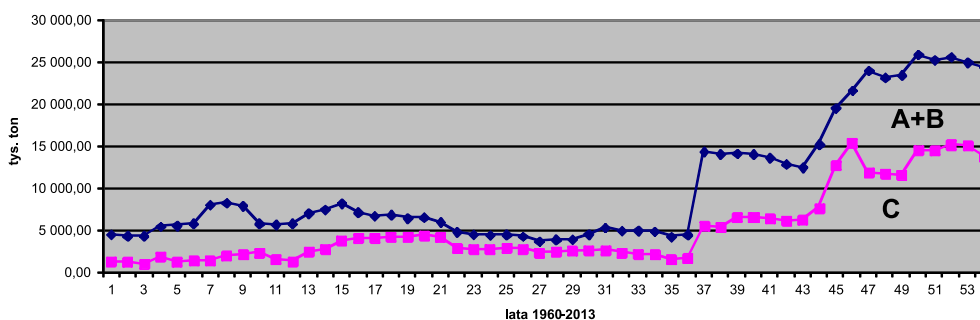
$$\Delta Q = \Delta Q_r + Q_e$$

W wyniku prowadzonych poszukiwań i rozpoznawania odkrytych złóż ujawniane są istniejące zasoby, wcześniej nieznane. Dla wybranego okresu, zasoby kopaliny wykazywane na jego początku (Q_0), powiększone o sumę stwierdzanych ich przyrostów (Q_k) w kolejnych latach (ΣQ_k) mogą być uznane za początkowe zasoby całkowite (Q_{cp}). Zasoby te pomniejszane o wydobycie (i ewentualne straty spowodowane wydobyciem) w kolejnych latach obrazują tempo wyczerpywania zasobów.

4. Zmiany zasobów kopalni energetycznych

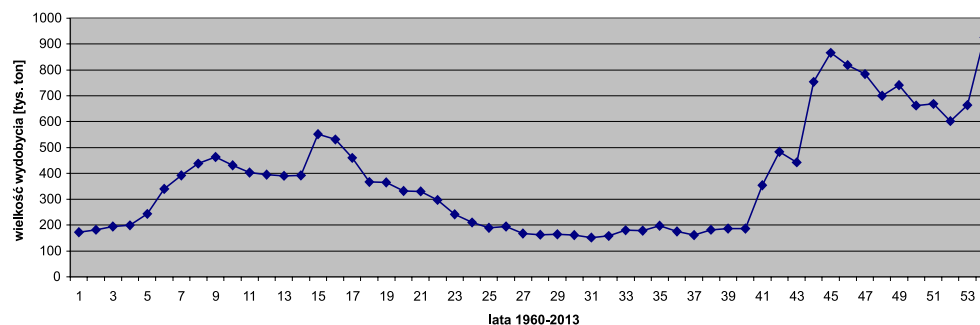
4.1. Ropa naftowa

W bilansie zasobów rejestrowane są tylko zasoby wydobywalne (rys. 1). W rozpatrywanym okresie podlegały one znacznym wahaniom, zaznaczały się ich przyrosty w wyniku dokumentowania nowych złóż oraz ubytki spowodowane eksploatacją (rys. 2). Miały też miejsce zmiany zasobów spowodowane uaktualnianiem danych o złożach w wyniku ich lepszego rozpoznania (przekwalifikowywania zasobów z kategorii C do A+B lub przeliczenia zasobów metodami dynamicznymi, np. bilansu materiałowego). Znaczne, bo aż o 2,1 mln ton, zmniejszenie zasobów z tego powodu miało miejsce w 1969 r. w wyniku ich uaktualnienia w złożu Pławowice. Zmniejszenie zasobów spowodowane skreślaniami z bilansu ich resztkowych ilości pozostawianych w złożach, których eksploatację zaniechano są niewielkie i nie wpływają w sposób istotny na ogólny obraz zmian zasobów.



Rys. 1. Zasoby wydobywalne ropy naftowej w latach 1960–2013

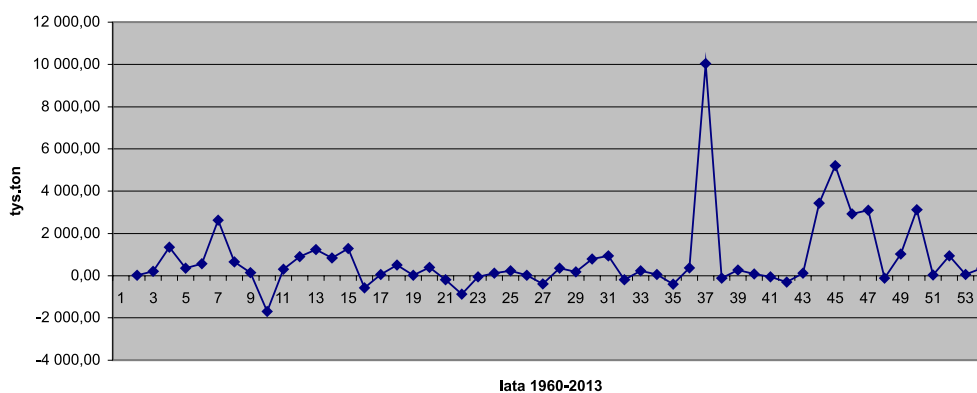
Fig. 1. Crude oil recoverable resources from 1960 to 2013



Rys. 2. Wydobycie roczne ropy naftowej w latach 1960–2013

Fig. 2. Yearly oil production (1960–2013)

W rozpatrywanym okresie notowane są częste przyrosty zasobów w wyniku dokumentowania nowych złóż (rys. 3). W historii zasobów ropy naftowej (rys. 1) wyróżniają się dwa okresy: przed i po 1995 r. W pierwszym wykazywane zasoby wynosiły od około 4 do



Rys. 3. Zmiany wykazywanych zasobów ropy naftowej w latach 1960–2013

Fig. 3. Yearly variation of oil resources from 1960 to 2013

8 mln ton. W 1996 r. miał miejsce skokowy wzrost zasobów do 14 mln ton po udokumentowaniu złoża Barnówko-Mostno-Buszewo (BMB), a następnie w latach 2003–2009 do ponad 25,9 mln ton w wyniku dokumentowania kolejnych złóż (tab. 1).

TABELA 1. Przyrosty zasobów w wyniku dokumentowania nowych złóż ropy naftowej (wg Bilansu zasobów złóż kopalni w Polsce)

TABLE 1. Increase of crude oil resources due to the discovery of new oil fields

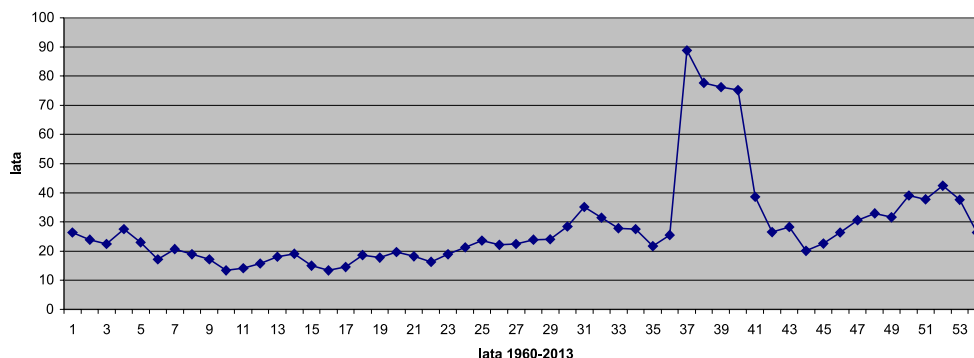
Rok	Złoże	Zasoby [tys. ton]	Uwagi
1996	BMB (Barnówko-Mostno-Buszewo)	10 126	
2003	B3 (strefa ekonomiczna Bałtyku)	3 132	
2004	Lubiatów	4 390	
2004	B8 (strefa ekonomiczna Bałtyku)	750	
2005	Grotów	1 827	
2005	Lubiatów wzrost zasobów	1 018	łącznie zasoby 5 408 tys. ton
2006	BMB wzrost zasobów	2 052	łącznie zasoby 10 025* tys. ton
2009	B8 wzrost zasobów	2 844	łącznie zasoby 3 522 tys. ton

* Do 2005 r. zmiana zasobów wyniku wydobycia do 7963 tys. Mg.

Mimo okresowych skokowych wzrostów zasobów zaznacza się charakterystyczna prawidłowość ich corocznych zmian. Po każdym chwilowym wyraźnym wzroście zasobów następuje zwiększenie wydobycia ropy naftowej (rys. 2) i stopniowe zmniejszanie zasobów wykazywanych w następnych latach, z powodu ich szczytowania, aż do momentu wprowadzenia do bilansu nowych złóż.

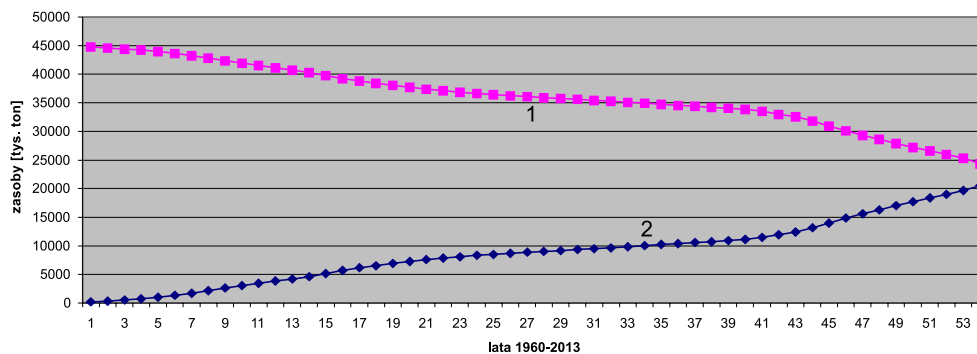
Łącznie zasoby nowych złóż wprowadzonych do bilansu w rozpatrywanym okresie wynoszą 40 244 tys. ton ropy naftowej. Wraz z zasobami wykazywanymi w 1960 r. całkowite jej zasoby (wydobywalne) początkowe w tym roku wynosiłyby 44 815 tys. ton. Sumaryczne wydobycie do 2013 r. wyniosło 20 571 tys. ton.

Praktycznie całość zasobów znajduje się w złożach zagospodarowanych. Oceniana na tej podstawie wystarczalność zasobów wynosiłaby od kilkunastu do ponad 40 lat w zależności od bieżącego wydobycia (rys. 4). Wzrost wydobycia po udokumentowaniu zasobów nowych złóż kompensuje nadwyżki zasobowe. Jednakże od 2000 r. ma miejsce wzrost wydobycia i w konsekwencji wzrost tempa szczyptywania zasobów (rys. 5).



Rys. 4. Zmiany oceny wystarczalności zasobów ropy naftowej w okresie 1960–2013

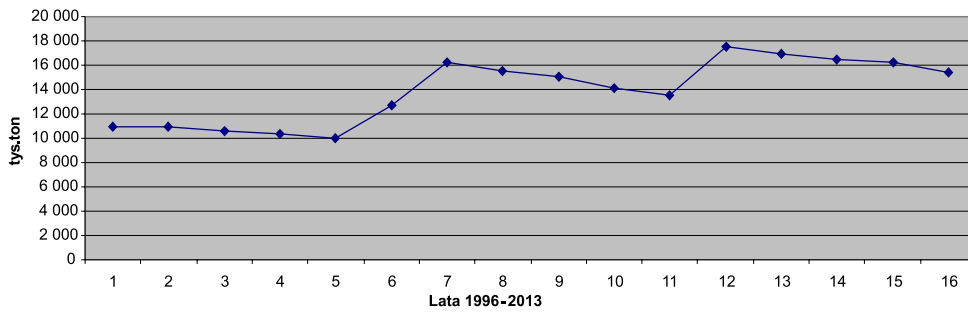
Fig. 4. Variation of oil resources sufficiency estimations in the period of 1960–2013



Rys. 5. Zmiana pierwotnych zasobów ropy naftowej w latach 1960–2013 spowodowana ich wydobyciem
1 – zasoby pozostające w złożach, 2 – wydobycie narastająco

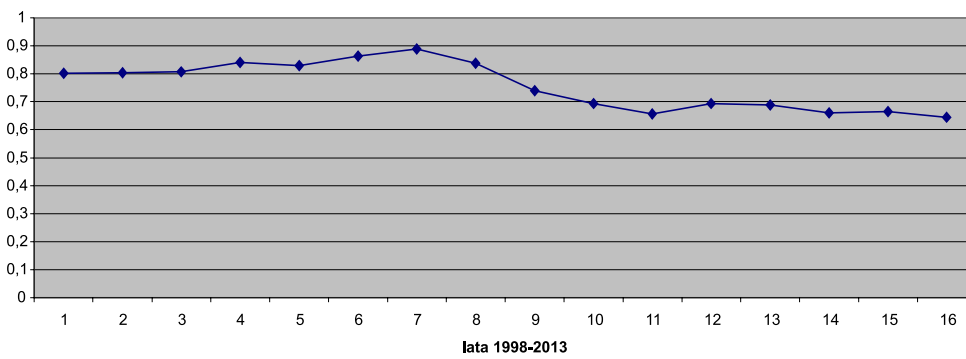
Fig. 5. Variation of total primary oil resources due to their exploitation from 1960 to 2013;
1 – resources in place 2 – total exploited oil

Od 1998 r. wykazywane są zasoby przemysłowe, gwarantujące ekonomicznie uzasadnione wydobycie. Zmieniały się one w ślad za zagospodarowywaniem nowych złóż (rys. 6). Stanowiły one w okresie początkowym (do 2005 r.) 80–89% zasobów złóż zagospodarowanych, po czym zaznaczył się ich spadek do około 65% co jest oczywistą konsekwencją ich zacierpywania (rys. 7). Wystarczalność zasobów przemysłowych przy aktualnym wydobyciu wynosi tylko kilkanaście lat (rys. 8), o ile nie nastąpią odkrycia nowych znaczących zasobów.



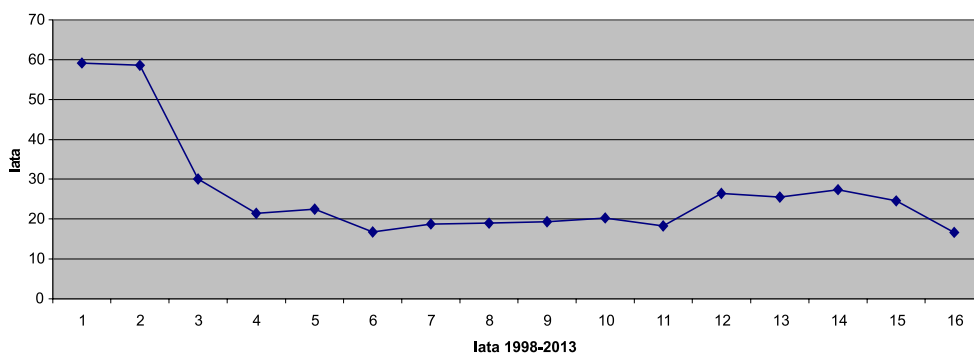
Rys. 6. Zasoby przemysłowe ropy naftowej w latach 1996–2013

Fig. 6. Oil reserves from 1996 to 2013



Rys. 7. Udział zasobów przemysłowych w całkowitych ropy naftowej w latach 1996–2013

Fig. 7. Oil reserves to resources ratio from 1996 to 2013

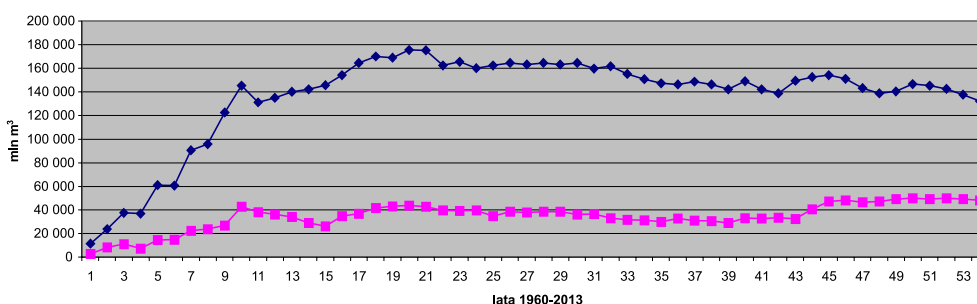


Rys. 8. Zmiany oceny wystarczalności zasobów przemysłowych ropy naftowej w latach 1996–2013

Fig. 8. Variation of Oil reserves sufficiency estimations 1996–2013

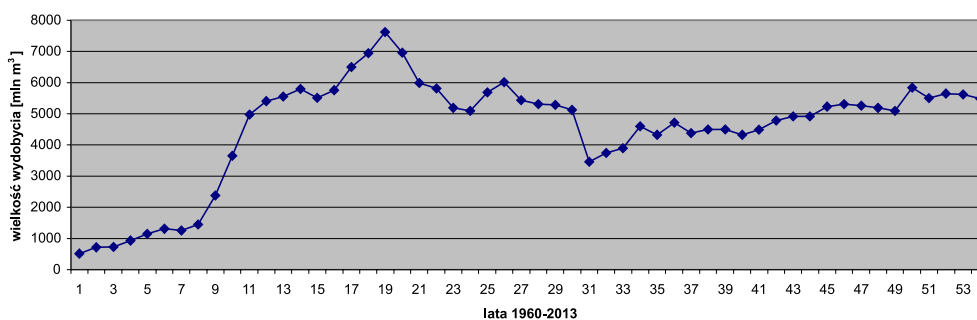
4.2. Gaz ziemny

W bilansie zasobów rejestrowane są tylko zasoby wydobywalne gazu ziemnego łącznie w złożach samodzielnych, towarzyszącego ropie naftowej i gazolinowego (rys. 9). Zasoby metanu w pokładach węgla wykazywane są odrębnie. W rozpatrywanym okresie zasoby gazu ziemnego podlegały znacznym wahaniom, zaznaczały się ich przyrosty w wyniku dokumentowania nowych złóż oraz ubytki spowodowane eksploatacją (rys. 10, 11). Miały też miejsce zmiany zasobów spowodowane uaktualnianiem danych o złożach w wyniku ich lepszego rozpoznania oraz aktualizacji stanu zasobów przeliczanych metodami dynamicznymi. Znaczne zmniejszenie zasobów z tego powodu, bo aż o 12,8 mld m³ miało miejsce w 1969 r. w wyniku ich przeliczenia metodą spadku ciśnienia w złożach Lubaczów, Uszkowce i Przemysł (w tym w złożu Lubaczów 7,6 mld m³). Ilustruje to skalę możliwych zmian zasobów, które w początkowym okresie ich dokumentowania obliczane są metodą objętościową. Tego rodzaju korekty zasobów mogą kompensować przyrosty z tytułu dokumentowania nowych złóż i lepszego rozpoznania złóż wcześniej udokumentowanych (na przykład w wyniku wykrycia dodatkowych horyzontów gazonośnych). Przykładowo w 1981 r. udokumentowano w czterech nowych złożach 0,7 mld m³ gazu, a w wyniku lepszego rozpoznania dwóch złóż 1,8 mld m³, to jest łącznie 2,5 mld m³. W tym samym czasie, w wyniku lepszego rozpoznania, zasoby dwóch złóż zmniejszyły się o 2,6 mld m³. W związku z tym zarejestrowane



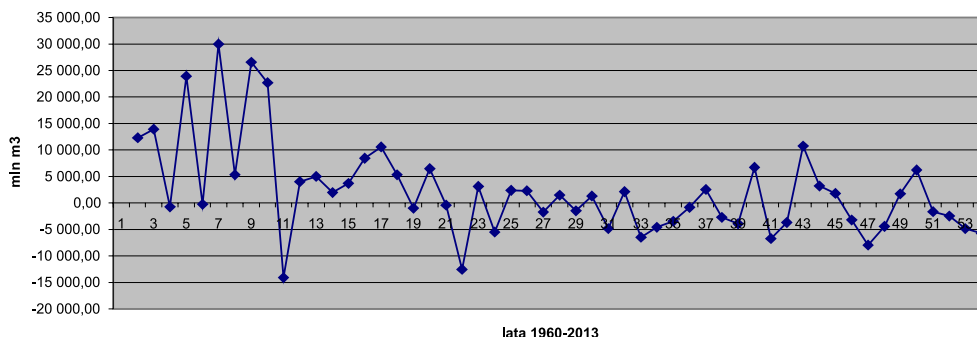
Rys. 9. Zasoby wydobywalne gazu ziemnego w latach 1960–2013

Fig. 9. Natural gas recoverable resources from 1960 to 2013



Rys. 10. Wydobywanie roczne gazu ziemnego w latach 1960–2013

Fig. 10. Yearly natural gas production (1960–2013)



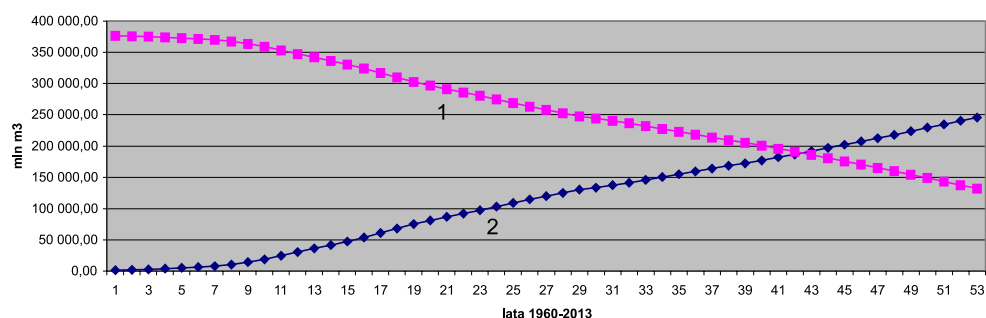
Rys. 11. Zmiany wykazywanych zasobów gazu ziemnego w latach 1960–2013

Fig. 11. Yearly variation of natural gas resources (1960–2013)

w tym roku zmniejszenie całkowitych zasobów związane jest prawie wyłącznie z wydobyciem, które wynosiło 5,8 mld m³.

Zmniejszenie zasobów spowodowane skreślaniami z bilansu ich resztkowych ilości pozostawianych w złożach, których eksploatacje zaniechano są niewielkie i nie wpływają w sposób istotny na ogólny obraz zmian zasobów. Znaczniejsze przyrosty zasobów notowano w wyniku odkrywania kolejnych złóż w zapadlisku przedkarpackim, a później na Niżu Polskim.

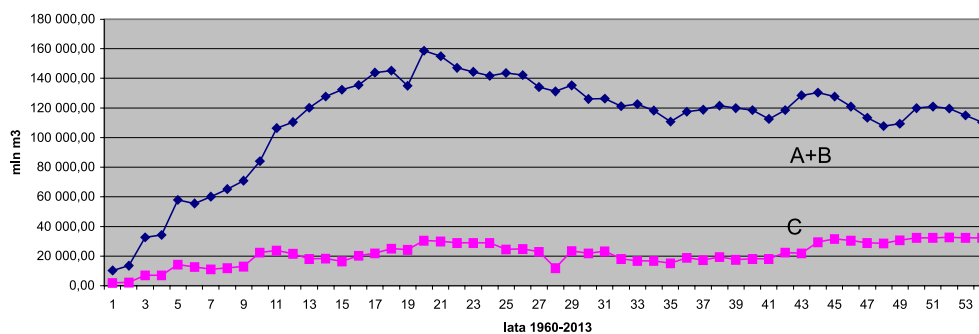
W rozpatrywanym okresie zasoby nowych złóż wprowadzonych do bilansu wynoszą łącznie 366 110,5 mln m³. Sumaryczne wydobycie do 2013 r. wynosiło 245 722,617 mln m³. Wraz z zasobami wykazywanymi w 1960 r. całkowite jego zasoby (wydobywalne) początkowe w tym roku wynosiłyby 377,5 mld m³. W historii zasobów gazu ziemnego do roku 1979 uwidacznia się ich systematyczny wzrost z 11,3 do 175,5 mld m³ (rys. 9). W latach następnych zaznaczył się spadek do około 160 mld m³, a po 1991 r. okresowe wahania między 140 a 160 mld m³. Od 2009 r. zaznacza się ich spadek z 147 do 134 mld m³. Zmiany zasobów ilustruje funkcja tempa ich szczyrywania (rys. 12).



Rys. 12. Zmiana pierwotnych zasobów gazu ziemnego w latach 1960–2013 spowodowana ich wydobyciem
1 – zasoby pozostające w złożach, 2 – wydobycie narastające

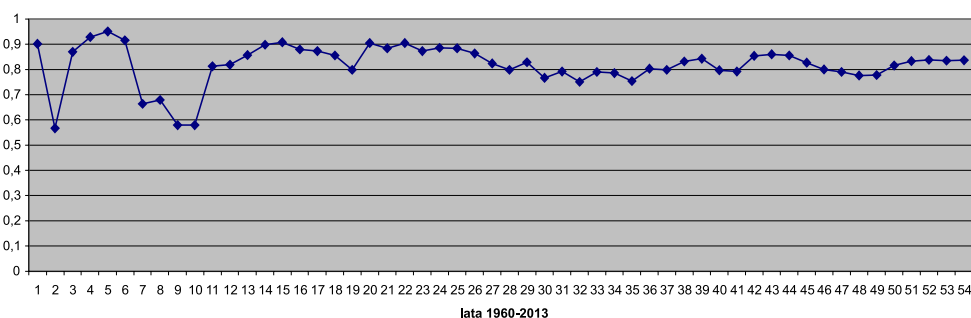
Fig. 12. Variation of total primary natural gas resources due to their exploitation from 1960 to 2013
1 – resources in place 2 – total exploited oil

W złożach zagospodarowanych znajduje się około 80% udokumentowanych zasobów (rys. 13, 14). Oceniana na tej podstawie wystarczalność zasobów wynosiłaby przeciętnie od 20 do 30 lat w zależności od bieżącego wydobycia (rys. 15). Od 1998 r. wykazywane są zasoby przemysłowe, gwarantujące ekonomicznie uzasadnione wydobycie. Zmieniały się one w ślad za zagospodarowywaniem nowych złóż (rys. 16). Stanowiły w okresie początkowym (do 2006 r.) 60–65% zasobów złóż zagospodarowanych, po czym zaznaczył się ich spadek do około 50%, co jest oczywistą konsekwencją szczytowania (rys. 17). Wystarczalność zasobów przemysłowych systematycznie spada i przy obecnym wydobyciu wynosi tylko 10–11 lat (rys. 18, 19), o ile nie nastąpią odkrycia nowych znaczących zasobów. Wykorzystanie znanych złóż niezagospodarowanych zwiększyć może wystarczalność zasobów tylko o około 3 lata.



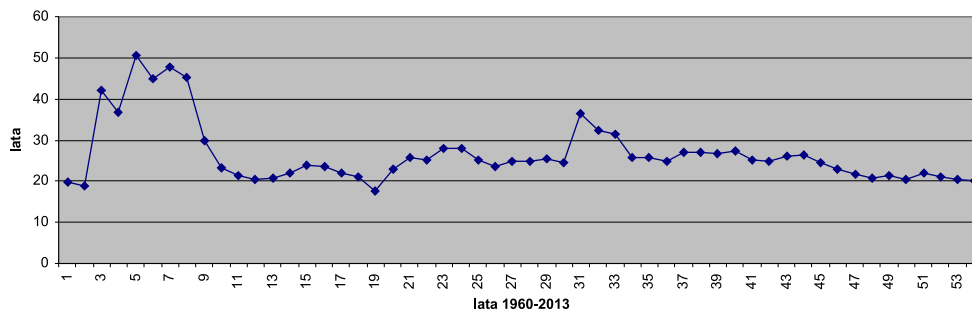
Rys. 13. Zasoby wydobywalne gazu ziemnego w złożach zagospodarowanych w latach 1960–2013

Fig. 13. Natural gas recoverable resources of exploited gas fields 1960–2013



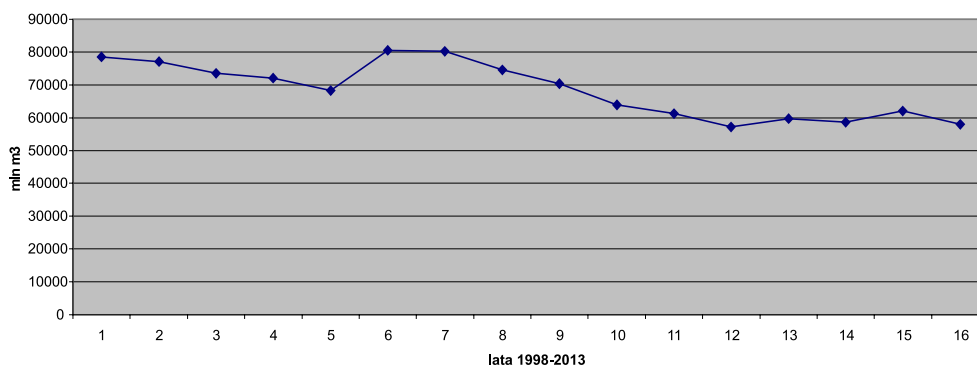
Rys. 14. Udział zasobów gazu ziemnego w złożach zagospodarowanych w całkowitych udokumentowanych w latach 1960–2013

Fig. 14. Ratio of natural gas resources of exploited fields to total demonstrated from 1960 to 2013



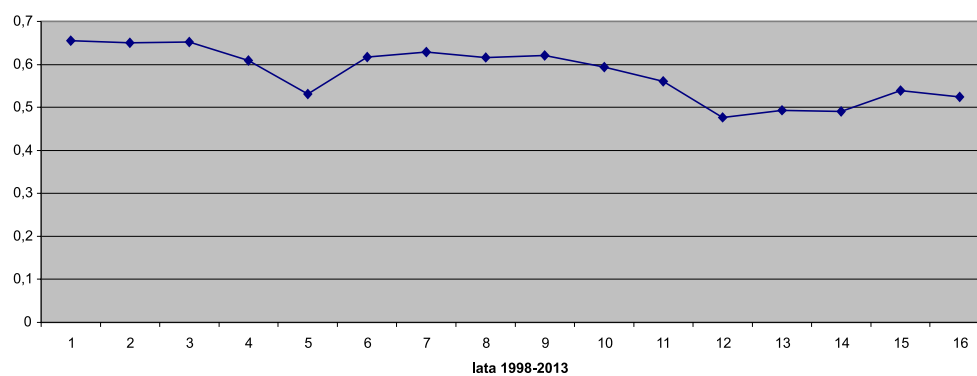
Rys. 15. Zmiany oceny wystarczalności zasobów gazu ziemnego w latach 1976–2013

Fig. 15. Variation of natural gas recoverable resources sufficiency estimations from 1976 to 2013



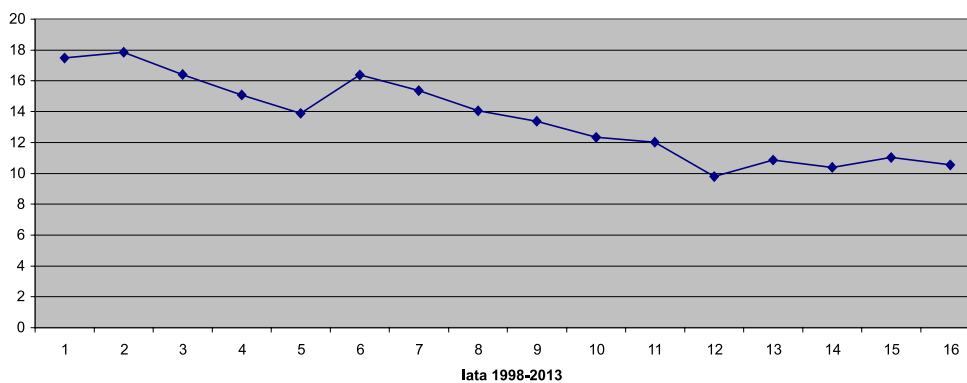
Rys. 16. Zasoby przemysłowe gazu ziemnego w latach 1996–2013

Fig. 16. Natural gas reserves from 1996 to 2013



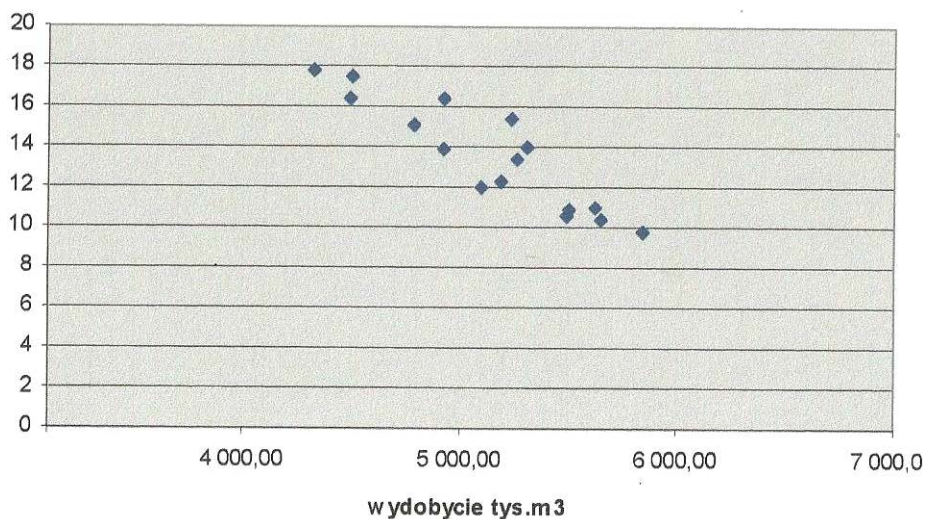
Rys. 17. Udział zasobów przemysłowych w całkowitych gazu ziemnego w latach 1996–2013

Fig. 17. Natural gas reserves to resources ratio from 1996 to 2013



Rys. 18. Zmiany oceny wystarczalności zasobów przemysłowych gazu ziemnego w latach 1996–2013

Fig. 18. Variation of natural gas reserves sufficiency estimations from 1996 to 2013



Rys. 19. Wystarczalność zasobów gazu ziemnego w zależności od wydobywania

Fig. 19. Lignite resources sufficiency in relation to the rate of production

4.3. Węgiel brunatny

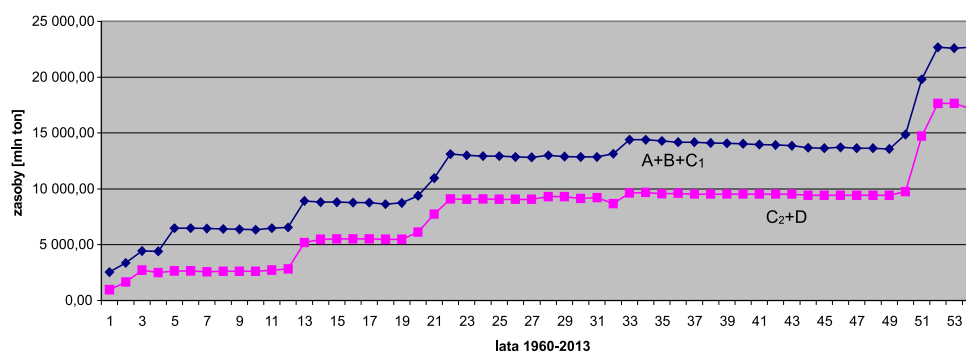
W bilansie zasobów rejestrowane są zasoby bilansowe i pozabilansowe 90 złóż węgla brunatnego określone na podstawie kryteriów przedstawionych w tabeli 2. Zasoby pozabilansowe nie przedstawiają wartości gospodarczej i nie są uwzględnione w dalszych rozważaniach.

W rozpatrywanym okresie ewidencjonowane, udokumentowane zasoby węgla brunatnego podlegały znacznym zmianom (rys. 20, 21). Wykazywany był kilkakrotny skokowy ich przyrost, zwłaszcza w związku z wprowadzaniem do bilansu kolejnych dokumentowanych dużych złóż, na przykład w 1972 r. Legnica z zasobami 2,321 mld ton, w 1981 r. Gostyń i Legnica Zachód z zasobami odpowiednio 1,989 mld ton i 0,864 mld ton (łącznie 2,853 mld t).

TABELA 2. Kryteria bilansowości złóż węgla brunatnego

TABLE 2. Criteria defining lignite deposits

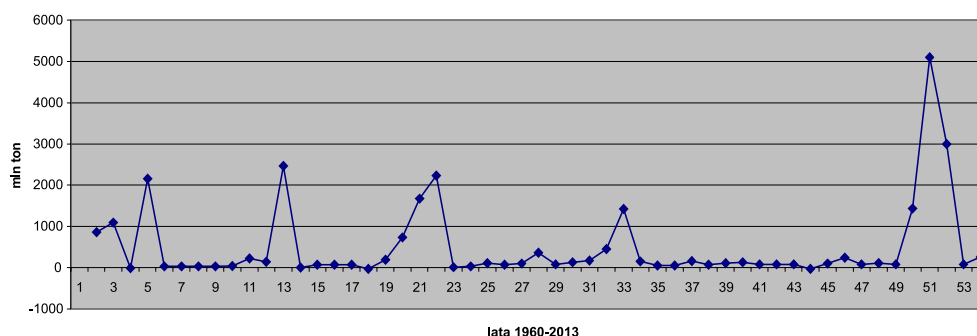
Parametr	Złoże bilansowe				Złoże pozabilansowe (do 2011 r.)
	1968 r.	1978 r.	1994 r.	od 2001 r.	
Minimalna miąższość węgla w pokładzie [m]	2,5	3	3	3	1
Maksymalna głębokość spągu złoże [m]	300 (do 1968 r. 200 m)	350	350	350	350
Maksymalna grubość przerostów możliwych do wydzielenia w trakcie eksploatacji [m]	0,7	1,5	1,5	–	1,5
Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoże	10	12	12	12	20
Minimalna średnia ważona wartość opałowa węgla (50% wilgotności) wraz z przerostami [kJ/kg]	6 699 (średnia w złoże)	5 024	–	6 500	5 000
Maksymalna zawartość popiołu [%]	40	40	–	–	40
Maksymalna zawartość Na ₂ O+K ₂ O w węglu suchym [%]	0,5	0,5	0,5	–	1
Maksymalna średnia ważona zawartość siarki w węglu (50% wilgotności) wraz z przerostami [%]	–	–	2	2	–



Rys. 20. Zasoby węgla brunatnego w latach 1960–2013

Fig. 20. Lignite resources from 1960 to 2013

Znaczny przyrost zasobów po 2009 r., spowodowany wprowadzeniem do bilansu wielu złóż udokumentowanych w kategorii D, wcześniej nie wykazywanych. W 2010 r. wprowadzono 4176,71 mln ton zasobów. Zwraca uwagę bardzo duży udział w bilansie zasobów słabo zbadanych, tylko w kategorii C2 i od 2009 roku także w kategorii D. Należy się zatem liczyć z możliwą znaczną ich zmianą, w szczególności zmniejszeniem po lepszym rozpoznaniu.



Rys. 21. Roczne przyrosty zasobów węgla brunatnego w latach 1960–2013

Fig. 21. Yearly increase of lignite resources from 1960 to 2013

Wzrost zasobów wykazywanych w rozpatrywanym okresie czasu następował także w wyniku zmian kryteriów bilansowości. Zmiana zasobów z powodu wzrostu głębokości dokumentowania ukryta jest w przyroście zasobów spowodowanym wprowadzeniem do bilansu nowych złóż. Zmiana kryterium stosunku N/Z w 1978 r. spowodowała przyrost zasobów niektórych złóż wcześniej dokumentowanych. Ujawnia się on jednak dopiero w momencie aktualizacji ich dokumentacji geologicznych, co ilustruje przykład złóż przedstawionych w tabeli 3. Modyfikacje pozostałych kryteriów nie miały istotnego wpływu na zmiany wielkości zasobów.

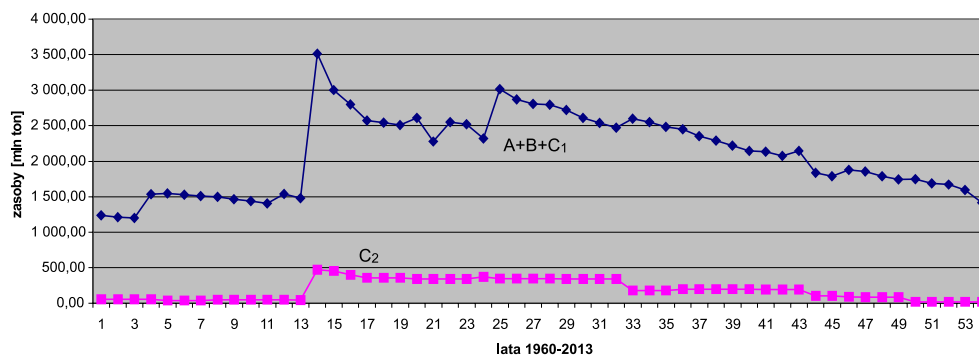
TABELA 3. Przyrosty zasobów wyniku zmiany kryteriów bilansowości

TABLE 3. Increase of lignite resources due to the change of criteria defining lignite deposits

Złoże	Rok	Zasoby [tys. t]	kategoria	Aktualizacja			
				rok	zasoby [tys. t]	kategoria	przyrost zasobów
Gubin	1969	282 664	C1, C2, B	2009	1 561 015	C1, C2, B	1 278 351
Legnica Północ	1968	1 025 356	C2	2010	1 723 049	C2	697,69
Ścinawa	1961	1 075 000	C2	2010	1 766 983	C2	691,98

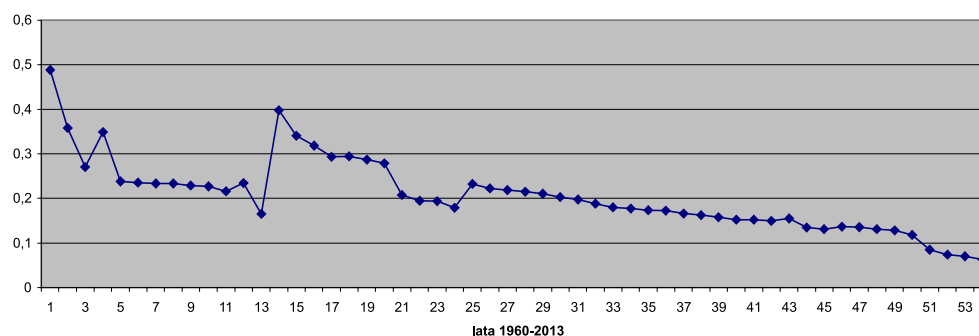
Zasoby złóż zagospodarowanych (rys. 22) do 1972 r. wynosiły 1,2–1,5 mld ton, co stanowiło 20–30% ogółu zasobów bilansowych (rys. 23). Po tym roku nastąpił ich wzrost do 3,5 mld ton, a następnie stopniowy spadek w ślad za postępującym wydobyciem, modyfikowany chwilowym niewielkim przyrostem w 1984 i 1992 r. Udział zasobów złóż zagospodarowanych w ogólnej ich ilości wynosił w latach osiemdziesiątych XX w. około 20% i od tego czasu systematycznie zmniejsza się do 6–7% obecnie. Rozpoznawanie złóż wyprzedzało zatem znacznie ich zagospodarowanie i istnieje ogromna nadwyżka zasobów w złożach rezerwowych.

Przyrosty zasobów spowodowane rozpoznawaniem nowych złóż ilustrują dobrze coroczne zamiany zasobów (rys. 21). W okresie początkowym, do 1969 r., miał miejsce bardzo szybki wzrost wydobycia węgla brunatnego, po czym nastąpiła względna jego okresowa



Rys. 22. Zasoby zagospodarowanych złóż węgla brunatnego w latach 1960–2013

Fig. 22. Lignite resources of exploited deposits from 1960 to 2013



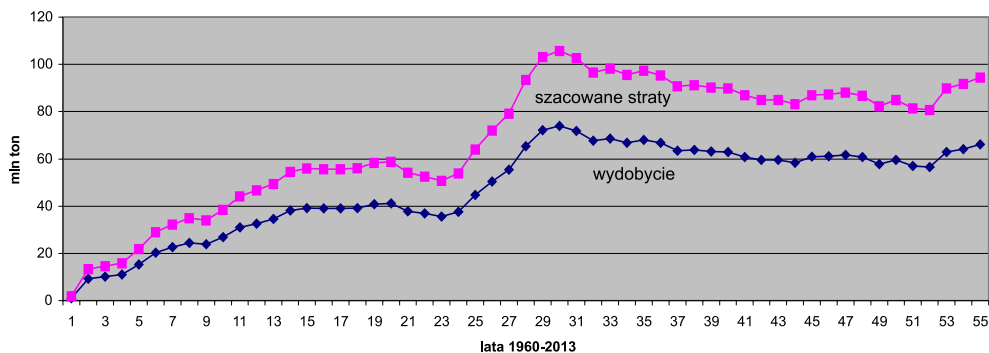
Rys. 23. Udział zasobów węgla brunatnego w złożach zagospodarowanych w całkowitych udokumentowanych w latach 1960–2013

Fig. 23. Ratio of lignite resources of mined deposits to total demonstrated from 1960 to 2013

stabilizacja z wahaniami w granicach 30–40 mln ton (rys. 24). Ponowny wzrost do obecnego poziomu około 60 mln ton nastąpił w latach 1984–1986.

Wydobywaniu węgla towarzyszą straty bezpośrednie i pośrednie. Straty bezpośrednie związane z wydobywaniem węgla wynoszą nie więcej niż 10%. Straty pośrednie stanowią niewydobyte zasoby pozostawione w złożu np. niewydobywalne w jego części przykonturowej. Przewidywaną wielkość tych strat określa stosunek zasobów przemysłowych do bilansowych w złożach zagospodarowanych. Waha się on od 0,65 do 0,94. Najczęściej wynosi on około 0,8. Zasoby nieprzemysłowe są z reguły niewydobywalne i po wydobywaniu zasobów przemysłowych są tracone. Łączne straty można oszacować zatem na około 70% i wydobywanie powiększone o 30% stanowi całkowity szacowany ubytek zasobów z tytułu wydobywania i strat z tym związanych (rys. 24).

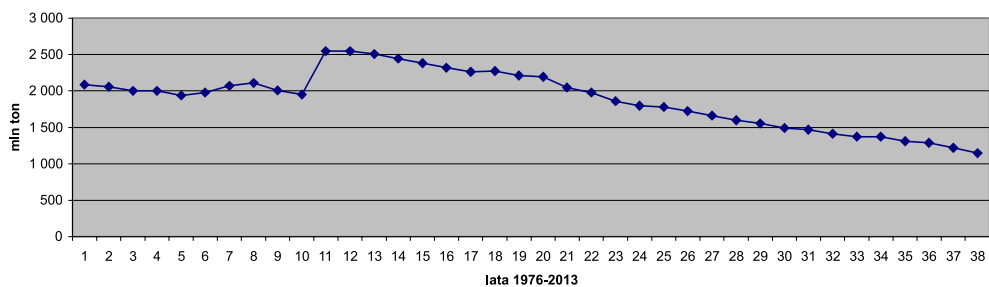
Po okresowym wzroście dokumentowanych zasobów następował zwykle niewielki ubytek całkowitej ich ilości w wyniku wydobywania. Wzrost całości zasobów spowodowany rozpoznawaniem nowych złóż powoduje kompensację ich ubytku z tytułu wydobywania i związanych z nim strat. Wyraźnie zauważalne jest natomiast zmniejszanie się zasobów w złożach zagospodarowanych.



Rys. 24. Wydobycie węgla brunatnego i szacowane straty zasobów z tym związane w latach 1960–2013

Fig. 24. Lignite production and estimated losses of unrecoverable resources from 1960 to 2013

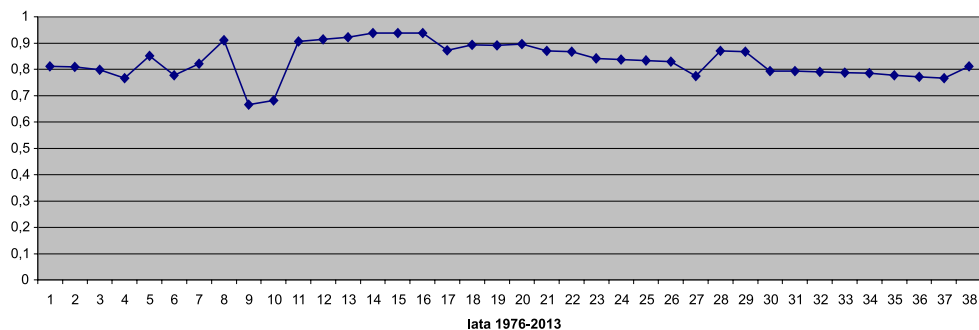
W okresie od 1960 do 2013 r. wydobyto łącznie 2619,627 mln ton węgla brunatnego. Zakładając, że związane z tym straty zasobów bilansowych wynoszą 30%, całkowity ubytek zasobów spowodowany wydobyciem i stratami można oszacować na 3,7 mld ton. Zasoby przemysłowe węgla brunatnego (rys. 25) stanowią około 80% zasobów złóż zagospodarowanych (rys. 26). Od 1986 r. następuje ich systematyczny spadek, niekompensowany zagospodarowywaniem nowych złóż. Równocześnie konsekwentnie zmniejsza się wystarczalność tych zasobów do kilkunastu lat (rys. 27).



Rys. 25. Zasoby przemysłowe węgla brunatnego w latach 1976–2013

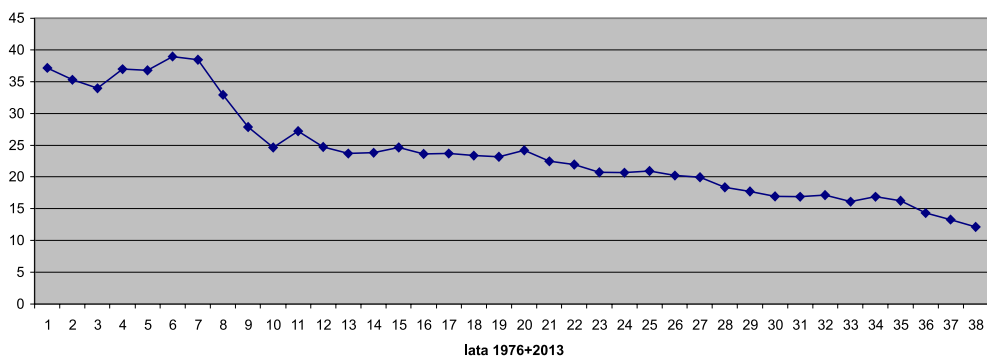
Fig. 25. Recoverable lignite resources of exploited deposits from 1976 to 2013

Zasoby poszczególnych złóż są bardzo zróżnicowane od kilkudziesięciu tys. ton do ponad 2 mld ton. W 15 złóżach o zasobach ponad 500 mln ton znajdowało się (w 2013 r.) 15,18 mld ton, to jest 67% ogółu wykazywanych zasobów, w tym 9,57 mld ton w nie eksploatowanych 6 złóżach o zasobach ponad 1 mld ton każde (tab. 4). Udokumentowanych jest także 9 złóż bardzo małych o zasobach od 47 tys. ton do 1 mln ton. Wartość gospodarcza tak małych złóż może być wątpliwa. Złóża o zasobach od kilku do kilkudziesięciu mln ton mogą jednak mieć znaczenie jako lokalne źródła surowca na lokalne potrzeby energetyczne, na co dawniej zwracano uwagę (Uberman 1985; Ney i Matl 1987; Ney 1988) lub jako satelitarne w sąsiedztwie zagospodarowanych złóż dużych.



Rys. 26. Udział zasobów przemysłowych węgla brunatnego w całkowitych złożach zagospodarowanych w latach 1976–2013

Fig. 26. Ratio of recoverable to total resources in exploited lignite deposits from 1976 to 2013



Rys. 27. Zmiany oceny wystarczalności zasobów przemysłowych węgla brunatnego w latach 1976–2013

Fig. 27. Variation of lignite recoverable resources sufficiency estimations from 1976 to 2013

TABELA 4. Rozkład zasobów w zależności od wielkości złóż

TABLE 4. Lignite resources distribution in relation to the deposit size

Przedział zasobów [mln t]	Liczba złóż	Zasoby łączne [mln t]	Złóża eksploatowane
do 5	24	40 663	Sieniawa I
5–10	4	25 204	
10–50	17	499 275	Adamów*, Drzewce, Koźmin, Pątnów IV
50–100	5	315 542	Tomisławice
100–500	17	4 257 218	Turów**, Bełchatów**,
500–1000	8	5 612 521	Szczerców
ponad 1000	6	9 568 155	

* Złóża w znacznym stopniu wyeksploatowane.

** Złóża w znacznym stopniu wyeksploatowane, zasoby początkowe ponad 1 mld Mg.

Szczegółowy ranking złóż na podstawie ich waloryzacji górnictwo-geologicznej i sozologicznej i uwarunkowań socjalnych akceptacji ich eksploatacji pokazuje bardzo zróżnicowaną ich wartość (Kasiński i in. 2006).

Poważne ograniczenia możliwości wykorzystania wielu złóż udokumentowanych spowodowane są wymaganiami ochrony środowiska, przede wszystkim krajobrazu i głównych zbiorników wód podziemnych (Nieć i in. 1992). Powoduje to uszczuplenie dostępnej bazy zasobowej. Skłania to też do wniosków, że należałoby:

- powrócić do dawnego pojęcia zasoby pozabilansowe w odniesieniu do tych złóż, których wykorzystanie nie jest obecnie możliwe z przyczyn środowiskowych, ale które mogą być przemijające,
- zwiększyć rozpoznanie złóż tylko wstępnie zbadanych (przede wszystkim w kategorii D i C2) w celu oceny ich rzeczywistej użytkowej wartości jako obiektów ewentualnej eksploatacji.

Oba zadania powinny być zrealizowane niezależnie od protestów społecznych, motywowanych bądź przez przesadne, nieuzasadnione obawy o stan środowiska, bądź partykularne interesy grup nacisku, nie biorących pod uwagę wymagań bezpieczeństwa gospodarczego kraju.

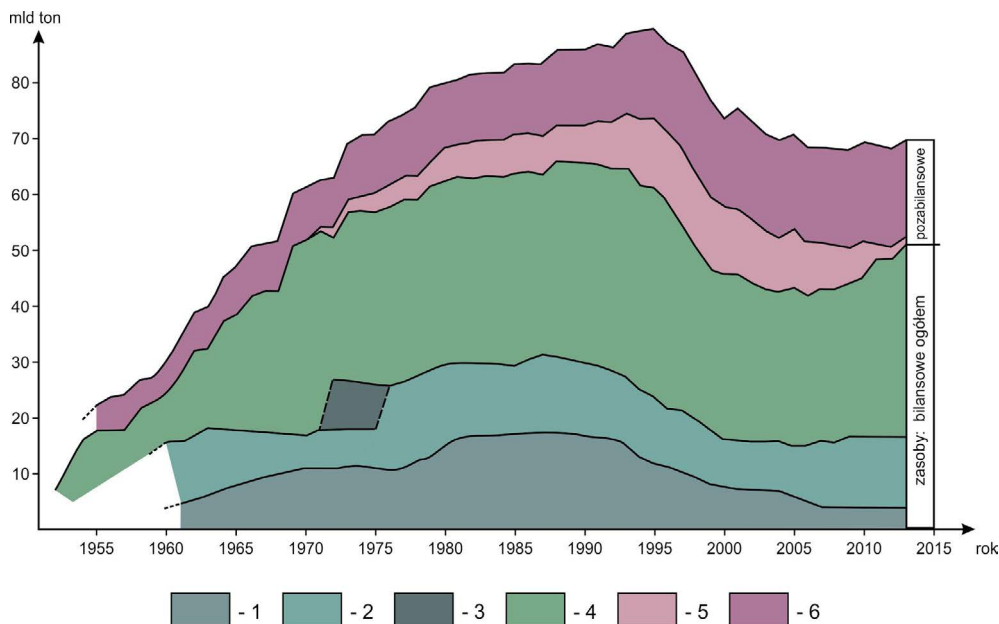
Badania złóż węgla brunatnego były prowadzone ze znacznym wyprzedzeniem w stosunku do jego zapotrzebowania. Baza zasobowa węgla brunatnego może teoretycznie stanowić zabezpieczenie zapotrzebowania w okresie wieloletnim, nawet do około 250 lat. Należy jednak mieć na uwadze, że jest ona w znacznej części tylko wstępnie zbadana. Zatem w rzeczywistości może być znacznie mniejsza. W złożach zagospodarowanych znajduje się tylko niewielka część udokumentowanych zasobów, które zabezpieczają podaż węgla brunatnego w znacznie krótszym okresie. Zasoby przemysłowe w tych złożach zapewniają pokrycie zapotrzebowania tylko w okresie około 12 lat.

Poza ewidencją pozostają zasoby węgla brunatnego na dużej głębokości, niedostępne dla eksploatacji odkrywkowej. Pewne nadzieje wiąże się z możliwością ich podziemnego zgazowania, chociaż duża wilgotność węgla, bliskie sąsiedztwo utworów silnie zawadzionych nie rokują sukcesu (Nieć i in. 2014).

4.4. Złóża węgla kamiennego

Szczegółowa analiza zmian zasobów węgla kamiennego przedstawiona została w odrębnej publikacji (Nieć i Młynarczyk 2014). Zmiany te są bardziej złożone niż w przypadku wcześniej omówionych kopalni, przede wszystkim z powodu drastycznych zmian kryteriów bilansowości oraz skreśleń i przekwalifikowywań zasobów w związku z restrukturyzacją i likwidacją kopalń.

Do końca lat osiemdziesiątych XX w. miał miejsce stały przyrost zasobów węgla kamiennego w wyniku ich dokumentowania w kolejnych obszarach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (w Niece Główniej, w rejonie rybnickim, nadwiślańskim) oraz w Lubelskim Zagłębiu Węglowym. Po 1990 r. do 2012 r. następował systematyczny ich spadek, w szczególności zasobów bilansowych i przemysłowych, powodujący zaniepokojenie i dyskusje odnośnie do prawidłowości gospodarki zasobami węgla (Probierz 2010; Probierz i Borówka 2006, 2009).



Rys. 28. Zmiany zasobów węgla kamiennego w Polsce wykazywanych w publikowanym corocznie Bilansie zasobów złóż kopalin (wg Nieć i Młynarczyk 2014)

1 – zasoby przemysłowe, 2 – zasoby nieprzemysłowe i pozostałe bilansowe w złożach zagospodarowanych, 3 – zasoby w filarach ochronnych (od 1976 r. nieprzemysłowe), 4 – zasoby bilansowe w złożach niezagospodarowanych i zaniechanych, 5 – zasoby pozabilansowe grupy b, 6 – zasoby pozabilansowe grupy a

Fig. 28. Variation of reported black coal resources in Poland

1 – industrial resources (economic reserve base), 2 – remaining resources, supposed economic (balance) in deposits under development, 3 – resources in pillars (separately presented up to 1976), 4 – resources, supposed

Zmniejszanie się wykazywanej ilości całości zasobów miało trzy podstawowe przyczyny, niezwiązane z bieżącym wydobyciem węgla:

- zmianę zasadniczą kryteriów bilansowości w 1994 r., ograniczenie wykazywania zasobów tylko do głębokości 1000 m,
- eliminację z bilansu zasobów kopalń likwidowanych, których wydobycie uznane zostało za niemożliwe,
- eliminację z bilansu, zasobów złóż lub ich części uznanych za zbyt słabo zbadane (po weryfikacji ich dokumentacji).

W przypadku zasobów przemysłowych dodatkowo ich zmniejszenie wynikało z ograniczenia ich wykazywania do obszarów objętych koncesjami.

Zmiany zasobów spowodowane tymi przyczynami były wykazywane w bilansie stopniowo w ciągu kilkunastu lat w miarę aktualizacji dokumentacji geologicznych poszczególnych złóż. Powodowało to systematyczne obniżanie wielkości wykazywanych zasobów, sugerujące ich stopniowe szybkie wyczerpywanie i budzącą niepokój nieprawidłową gospodarkę zasobami węgla.

Powyższe zmiany powodują, że bieżący, rzeczywisty ubytek zasobów spowodowany eksploatacją i stratami jest niezauważalny. Wyraźny, ujawniający się w sposób skokowy, jest on w momencie likwidacji kopalń lub ich części. W rezultacie wykorzystanie zasobów bilansowych w obszarze objętym eksploatacją wynosi tylko około 30% (Nieć i Młynarczyk 2014).

Po 2005 r. nastąpiła stabilizacja wielkości wykazywanych całkowitych zasobów węgla kamiennego i wzrost zasobów bilansowych przez zaliczenie do nich zasobów wcześniej wyróżnianych jako pozabilansowe:

- z powodu trudnych warunków eksploatacji (pozabilansowych grupy b),
- pozostawianych w likwidowanych kopalniach,
- poniżej 1000 m, w granicach niektórych kopalń, których wykorzystanie stało się możliwe.

Po 2011 r. następuje wzrost zasobów wykazywanych jako bilansowe, spowodowany zaliczeniem do nich również tych, które wcześniej uznane były za pozabilansowe.

Zmiany zachodzące w górnictwie węgla kamiennego znajdują wyraz w ruchu zasobów, którego skala jest trudna obecnie do przewidzenia. Zasoby złóż zagospodarowanych, przy założeniu ich 30% wykorzystania, stwarzają możliwości pokrycia zapotrzebowania na węgiel w okresie nawet 200-letnim, ale wykazywane aktualnie zasoby przemysłowe zapewniają wydobycie węgla w okresie tylko około 45 lat (Nieć i Młynarczyk 2014). Duże rezerwy zasobowe znajdują się w złóżach niezagospodarowanych. Były one rozpoznane z różną dokładnością w różnych okresach czasu (od lat sześćdziesiątych XX w.) i w sposób nie zawsze spełniający współczesne wymagania (Nieć 2016; Sieniawska i Wierchowicz 2016). Weryfikacja może spowodować znaczne ich zmiany. Ponadto znaczna część zasobów złóż niezagospodarowanych zbadana jest tylko w stopniu odpowiadającym kategorii C₂ i można oczekiwać zmniejszenia ich wielkości po przeprowadzeniu lepszego rozpoznania. Według wcześniejszych danych zmniejszenie to może wynosić nawet 20% (Nieć i Młynarczyk 2014).

4.5. Metan pokładów węgla

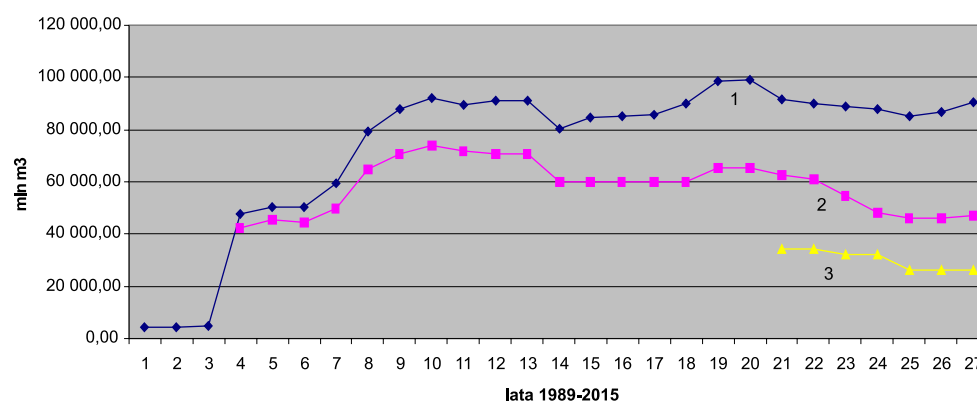
W zależności od przewidywanego sposobu wydobycia metanu występującego w pokładach węgla, wykazywane są jego zasoby w obszarach eksploatowanych złóż węgla kamiennego jako kopaliny towarzyszącej oraz poza tymi obszarami, jako kopaliny głównej, na podstawie kryteriów zestawionych w tabeli 5.

Zasoby metanu w pokładach węgla rozpoczęto wprowadzać do bilansu zasobów od 1966 r. i wykazywano jego wydobycie początkowo tylko w kilku, a od 1975 r. w 12 kopalniach, w których był eksploatowany w ramach wyprzedzającego odmetanowania jako kopalina towarzysząca. Pozostałe zasoby wykazywano jako szacunkowe. Dopiero na początku lat dziewięćdziesiątych XX w. rozpoczęto systematyczne dokumentowanie zasobów metanu i od 1992 roku wprowadzanie do bilansu zasobów w kolejnych złóżach, w tym także tych, w których jest on wykazywany jako kopalina główna przeznaczona do eksploatacji niezależnie od wydobycia węgla. Od 2009 r. wykazywane są one odrębnie. Notowany znaczny przyrost zasobów z około 5 mln m³ wykazanych w 1991 r. do 92 mln m³ w 1998 r. (rys. 29) wynikał przede wszystkim z wprowadzania do ewidencji zasobów kolejnych znanych złóż, w których wcześniej nie były one udokumentowane.

TABELA 5. Kryteria bilansowości złóż metanu w pokładach węgla

TABLE 5. Criteria defining coal bed methane resources

Parametr	Jednostka	Metan jako kopalina towarzysząca	Metan jako kopalina główna
Maksymalna głębokość dokumentowania	m	do głębokości dokumentowania zasobów węgla	1 500
Minimalna metanonośność wyznaczająca kontur strefy złożowej	m ³ /tcsw	2,5	4,5
Minimalna średnia metanonośność wydzielonej części złoża	m ³ /tcsw	większa od resztkowej	większa od resztkowej
Minimalna miąższość pokładu węgla (węgla w pokładzie)	m	0,1	0,6



Rys. 28. Zasoby metanu w pokładach węgla w latach 1989–2015

1 – w kopalniach węgla, 2 – w złożach niezagospodarowanych, 3 – dokumentowane jako kopalina główna

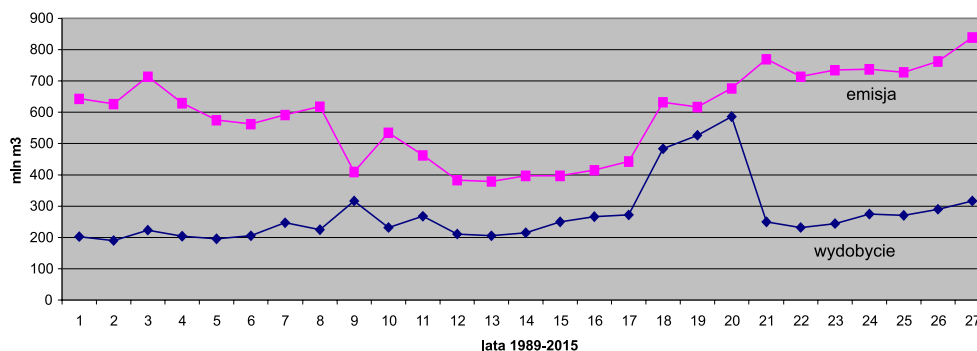
Fig. 28. Resources of coal bed methane from 1989 to 2015;

1 – in active mines, 2 – in undeveloped deposits, 3 – reported as main commodity

Na tle ogólnego wzrostu zasobów zaznacza się ich spadek w 2002 roku o około 10 mln m³ spowodowany zmianą, w ślad za aktualizacją zasobów złóż węgla kamiennego w wyniku zmiany ich granic lub podziału. Ilustruje to zarazem możliwą skalę zmian zasobów metanu wynikających ze stosowanej metodyki oceny metanonośności i szacowania zasobów opartego na danych rozproszonych (Grzybek i Kuzak 1997). W złożach eksploatowanych metanonośność jest badana przede wszystkim z punktu widzenia zagrożeń wybuchowych i takie dane są wykorzystywane do obliczania zasobów.

Od 1995 r. rozpoczęto wykazywanie zasobów przemysłowych metanu w kolejnych złożach. W czynnych kopalniach węgla kamiennego określone są one na podstawie oceny możliwości jego odzysku systemami odmetanowania.

Wydobycie metanu (rys. 30), przede wszystkim jako kopaliny towarzyszącej, od 1970 r. utrzymuje się na ogół w granicach 190–270 mln m³ rocznie. Wydobywaniu węgla towarzyszy emisja metanu w powietrzu wentylacyjnym. Szacowana jej wielkość, podawana w bilansie



Rys. 29. Wydobycie i emisja metanu w latach 1989–2015

Fig. 29. Exploitation and emission of coal bed methane from 1989 to 2015

zasobów, wynosi od około 90 do 520 mln m³ rocznie. Tak duże wahania wykazywanej emisji sugerują albo małą dokładność jej oceny, wynikającą ze stosowanego sposobu jej przeprowadzania (Gawlik i Grzybek 2002), albo niefrasobliwość w przekazywaniu informacji o niej. W niektórych latach przed 1993 r. wykazywano łącznie wydobycie i emisję metanu, dlatego też pominięto je w dalszej analizie. W latach 1989 do 2008 wykazywano spadek emisji w stosunku do wydobycia z ponad 2 do 0,15 po 2008 r., stosunek ten wzrasta do ponad 2 i obniża się w latach następnym do około 1,6. Tego rodzaju zmiany wykazywanej emisji także świadczą o niedoskonałości jej szacowania lub wykazywania. Według szczegółowych ocen (Patyńska 2013) emisja metanu jest znacznie większa (tab. 6).

TABELA 6. Emisja wentylacyjna metanu z kopalń węgla według różnych źródeł

TABLE 6. Methane emission from coal mines according to the varied source of data

Rok	Emisja wentylacyjna metanu [mln m ³]	
	bilans zasobów złóż kopalni w Polsce	Patyńska 2013
2001	173,34	515,314
2002	182,00	538,66
2003	146,44	548,487
2004	148,86	556,020
2005	169,78	576,200
2006	148,97	537,592
2007	89,42	590,090
2008	89,45	586,677
2009	519,42	576,243
2010	481,49	559,852
2011	489,50	559,524

Łączny coroczny ubytek zasobów metanu spowodowany jego wydobyciem i emisją wykazywaną w bilansie zasobów waha się od około 400 do 800 mln m³ rocznie. Zmiany zasobów z tego tytułu są niezauważalne na tle ich wzrostu w związku z wprowadzaniem do bilansu kolejnych złóż.

Zmiany zasobów złóż niezagospodarowanych spowodowane są dokumentowaniem kolejnych złóż metanu jako kopaliny głównej. Zagospodarowywane są one w niewielkim stopniu. Wydobycie łączne metanu jako kopaliny głównej waha się od 0,02 do około 3,6 mln m³ rocznie. Ubytek zasobów spowodowany wydobyciem metanu z tych złóż jest praktycznie niezauważalny.

Podsumowanie i wnioski

Złóża paliw kopalnych stanowią własność skarbu państwa. Są zarazem podstawą dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju. Brak znaczących odkryć nowych złóż powoduje stałe zmniejszanie się bazy zasobowej ropy naftowej i gazu ziemnego w wyniku eksploatacji, co ilustruje porównanie stanu zasobów w 2013 i 2015 r. (tab. 7 i 8).

TABELA 7. Stan zasobów w 2013 r. według Bilansu zasobów złóż kopalin w Polsce (Szuflicki i in. 2014)

TABLE 7. Fossil fuels resources in Poland in the 2013 year

Kopalina		Zasoby			Wydobycie
		całkowite bilansowe	bilansowe w złożach zagospodarowanych	przemysłowe	
Ropa naftowa [tys. ton]		24 377,53	23 872,54	15 408,99	926,38
Gaz ziemny [mln m ³]		132 074,47	110 396,57	57 934,95	5 487,47
Metan w pokładach węgla [mln m ³]	kopalina towarzysząca	39 471,22 19 935,00	39 471,22	5 636,97	271,11*
	złoża samodzielne	26 026,35	45,87 140,88	13,27 94,14	3,10
Węgiel brunatny [mln ton]		22 683,98	1 514,49	1 147,84	66,139
Węgiel kamienny [mln ton]		51 414,48	19 484,87	3 827,53	68,399

* Dodatkowo emisja z wentylacją 456,98.

TABELA 8. Stan zasobów w 2015 r. według Bilansu zasobów złóż kopalin w Polsce (Szuflicki i in. 2016)

TABLE 8. Fossil fuels resources in Poland in the 2015 year

Kopalina		Zasoby			Wydobycie
		całkowite bilansowe	bilansowe w złożach zagospodarowanych	przemysłowe	
Ropa naftowa [tys. ton]		22 824,28	22 260,68	14 074,24	893,75
Gaz ziemny [mln m ³]		122 820,02	101 679,10	51 006,78	5 212,04
Metan w pokładach węgla [mln m ³]	kopalina towarzysząca	64 678,82	43 705,73	5 718,92	316,85*
	złoża samodzielne	26 094,02	179,28	99,86	3,64
Węgiel brunatny [mln ton]		23 516,19	1 418,70	1 112,23	63,135
Węgiel kamienny [mln ton]		56 220,48	21 107,05	3 561,47	65,070

* Dodatkowo emisja z wentylacją 522,62.

Istniejąca baza zasobowa węgla brunatnego i kamiennego w złożach niezagospodarowanych teoretycznie powinna zapewnić to bezpieczeństwo w długim okresie pod warunkiem podjęcia w odpowiednim czasie ich eksploatacji. Dotyczy to w szczególności węgla brunatnego, którego zasoby przemysłowe w złożach zagospodarowanych zabezpieczają jego podaż tylko w ciągu kilkunastu najbliższych lat, na co zwraca się od dawna uwagę (Cała i in. 2012; Kasztelewicz i Ptak 2012). Zasoby złóż niezagospodarowanych zapewnić mogą podaż węgla w długim okresie czasu. Warunkiem nieodzownym jest uruchomienie ich eksploatacji, co spotyka się jednak z poważnym oporem społecznym (Badera 2010). Znaczny udział zasobów złóż węgla brunatnego słabo zbadanych, powoduje dużą niepewność odnośnie realnej wielkości tych zasobów, a zarazem odnośnie potrzeby ich ochrony dla przyszłej eksploatacji. Wydaje się zatem wskazane lepsze rozpoznanie tych zasobów (zwłaszcza zbadanych tylko w kategorii D) i uściślenie, co jest w rzeczywistości własnością skarbu państwa i co powinno być przedmiotem ochrony.

Krajowe zasoby węglowodorów zapewniają tylko kilkunastoletnią ich podaż. Brak znaczących ich rezerw w złożach niezagospodarowanych. Sytuację może zmienić odkrycie dużych zasobów w nowych złożach. Zwraca jednakże uwagę zwiększanie wydobywania po odkryciu nowych złóż, co nie sprzyja zwiększeniu trwałości użytkowania ich zasobów. Należałoby zatem rozpatrywać utrzymywanie wydobywania na określonym poziomie lub tylko ograniczoną jego intensyfikację.

Pewne nadzieje powiększenia bazy zasobowej można wiązać z wykorzystaniem gazu zamkniętego (*tight gas*) występującego na peryferiach złóż konwencjonalnych (złożach hybrydowych, np. w Zapałisku Przedkarpackim i niektórych w Karpatach (Kozimor i in. w druku). Szanse występowania znaczących złóż gazu w łupkach okazują się znikome, w świetle wykonanych dotychczas badań, mimo bardzo optymistycznych wcześniejszych oczekiwań.

Publikacja zrealizowana w ramach badań statutowych Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk.

Literatura

- Badera, J. 2010. Konflikty społeczne na tle środowiskowym związane z udostępnianiem złóż kopalni w Polsce. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* t. 26, z. 1, s. 105–125.
- Bąk, B. i Przeniosło, S. 1993. *Zasoby perspektywiczne kopalni Polski wg stanu na 31.XII.1990 r.* PIG, Warszawa.
- Bolewski, A. i Gruszczyk, H. red. 1979. *Zasady prognozowania i zasoby perspektywiczne kopalni Polski (stan na 1.01.1976)*. Warszawa: IG.
- Bolewski, A. i Gruszczyk, H. red. 1986. *Zasoby perspektywiczne Polski na 01.01.1986*. Warszawa: IG.
- Bilans zasobów złóż kopalni w Polsce, 1954–2013. Warszawa: PIG.
- Cała i in. 2012 – Cała, M., Kasztelewicz, Z. i Tajduś, A. 2012. Węgiel kamienny i węgiel brunatny. [W:] Jeleń K., Cała M. (red.) *Zarys stanu i perspektyw energetyki polskiej*. Studium AGH. Kraków: Wyd. AGH, s. 19–111.
- Gawlik, L. i Grzybek, I. 2002. Szacowanie emisji metanu w polskich zagłębiach (system węgla kamiennego). *Studia, Rozprawy, Monografie* nr 106, IGSMiE PAN, s. 3–98.
- Grzybek, I. i Kuzak, R. 1997. Metodyka geometryzacji pola metanonośności złóż węgla na podstawie danych rozproszonych. *Technika Poszuk. i Geotermia* nr 1–2, s. 101–111.
- Kasiński i in. 2006 – Kasiński, J. R., Mazurek, S. i Piwocki, M. 2006. Waloryzacja i ranking złóż węgla brunatnego w Polsce. *Prace PIG* 187, Warszawa, s. 1–79.
- Kasztelewicz, Z. i Ptak, M. 2012. Zabezpieczenie niezagospodarowanych złóż kopalni jako najważniejszy gwarant istnienia i rozwoju polskiego górnictwa odkrywkowego. *Przegląd Górniczy* Nr 8, s. 20–26

- Kozimor i in. – Kozimor, T., Potera, J. i Nieć M. (w druku). *Złoże węglowodorów z towarzyszącymi nagromadzeniami niekonwencjonalnymi (złoże hybrydowe) i ich dokumentowanie*. (w druku).
- Ney, R. 1988. Znaczenie małych złóż węgla brunatnego dla pozyskania pierwotnych nośników energii dla potrzeb lokalnych. [W:] *Problematyka wykorzystania małych złóż węgla brunatnego dla potrzeb gospodarki lokalnej*. Kraków: Wyd. AGH, s. 9–10.
- Ney, R. i Matl, K. 1987. O konieczności wykorzystania małych złóż węgla brunatnego, gazu ziemnego i wód termalnych na potrzeby gospodarki lokalnej. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* t. 3, z. 2, s. 225–228.
- Nieć, M. 2016. Wczoraj i dziś dokumentowania geologicznego złóż kopalin i problemy prawa geologicznego i górniczego. *Górnictwo Odkrywkowe* r. 57, nr 2, s. 5–11.
- Nieć, M. i Młynarczyk, M. 2014. Gospodarowanie zasobami węgla kamiennego w Polsce. *Studia, Rozprawy, Monografie* nr 187, IGSMiE PAN.
- Nieć i in. 2014 – Nieć, M., Górecki, J., Checko, J. i Sermet, E. 2014. Stan bazy zasobowej węgla w Polsce i jej problemy złożowo-środowiskowe w odniesieniu do eksploatacji metodą podziemnego zgazowania. *Przebieg Górnictwa* nr 11, s. 28–37.
- Nieć i in. 1992 – Nieć, M., Salamon, E. i Kawulak, M. 1992. Kartograficzna prezentacja ograniczeń środowiska przyrodniczego dla poszukiwań, rozpoznawania i zagospodarowania złóż na przykładzie złóż węgla brunatnego. *Górnictwo Odkrywkowe* r. 34, nr 3–4, s. 66–75.
- Patyńska, R. 2013. Prognoza emisji metanu z kopalń metanowych węgla kamiennego w Polsce. *Polityka Energetyczna – Policy Energy Journal* t. 16, z. 3, s. 157–170.
- Paszczka, H. 2012. Ocena stanu zasobów węgla kamiennego w Polsce z uwzględnieniem parametrów jakościowych i warunków zalegania złóż w aspekcie zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju. *Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN* 83, s. 147–162.
- Probierz, K. 2010. *Ochrona zasobów kopalin w Polsce doby gospodarki rynkowej*. Polit. Śląska, Gliwice 79 s.
- Probierz, K. i Borówka, B. 2006. Ubytek zasobów węgla kamiennego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w latach 1989–2003; niepożądany skutek reform. *Polityka Energetyczna – Policy Energy Journal* t. 9, z. spec. s. 171–192.
- Probierz, K. i Borówka, B. 2009. Prognoza wystarczalności zasobów węgla kamiennego w Zagłębiu Górnośląskim wraz z analiza przyczyn ubytku zasobów w niektórych kopalniach. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* t. 25, z. 3, s. 7–16.
- Przeniosło, S. 1994. Wymogi systemu gospodarki i ochrony złóż MIDAS odnośnie standaryzacji ich dokumentacji. *Górnictwo Odkrywkowe* R. 36, nr 6, s. 3–8.
- Przepisy o ustalaniu zasobów złóż kopalin stałych. CUG, Warszawa: Wyd. Geol., 1968, 1980.
- Przepisy o ustalaniu zasobów złóż ropy naftowej i gazu ziemnego. CUG, Warszawa: Wyd. Geol., 1968, 1980.
- Sieniawska, I. i Wierchowicz, J. 2016. Nowoczesne metody wykazywania zasobów złoża z punktu widzenia potrzeb inwestycji górniczych. *Górnictwo Odkrywkowe* R. 57, nr 2, s. 25–31.
- Szufficki i in. 2014 – Szufficki, M., Malon, A. i Tymiński, M. red. 2014. *Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce*. Warszawa: PIG–PIB.
- Szufficki i in. 2016 – Szufficki, M., Malon, A. i Tymiński, M. red. 2016. *Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce*. Warszawa: PIG–PIB.
- Uberman, R. 1985. Ocena celowości zagospodarowania małych złóż węgla brunatnego w świetle analizy sytuacji paliwowo-energetycznej kraju. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* t. 1, z. 2, s. 267–278.
- Wołkiewicz, S., Smakowski, T. i Speczik, S. red. 2011. *Bilans perspektywicznych zasobów kopalin Polski*. Warszawa: PIG–PIB.
- Wytyczne dokumentowania złóż kopalin stałych w kategoriach D1 do A. MOŚZNiL, Kom. Zasobów Kopalin, Warszawa 1992.
- Zasady dokumentowania złóż kopalin stałych. Min. Środ., Kom. Zasobów Kopalin, Warszawa 1999, 2002 a.
- Zasady dokumentowania złóż ropy naftowej, gazu ziemnego i metanu w pokładach węgla. Min. Środ., Kom. Zasobów Kopalin, Warszawa 1999, 2002 b.
- Żółtowski, Z. 1954. *Przepisy o ustalaniu zasobów złóż kopalin*. Warszawa: Wyd. Geol.
- Żółtowski, Z. 1964. *Prawo geologiczne*. Warszawa: Wyd. Geol.

