

OCENA DOSTĘPNOŚCI POLSKICH ZŁÓŻ SIARKI RODZIMEJ W KONTEKŚCIE ZAPOTRZEBOWANIA NA SUROWIEC

ASSESSMENT OF AVAILABILITY OF POLISH NATIVE SULFUR DEPOSITS IN THE CONTEXT OF RAW MATERIAL DEMAND

Jarosław Kamyk, Alicja Kot-Niewiadomska - Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków

Polska od kilku lat jest jedynym na świecie producentem, a tym samym eksporterem siarki elementarnej produkowanej ze złóż rodzimych. Utrzymująca się w ostatnich latach stabilna koniunktura na rynku tego surowca oraz optymistyczne prognozy dotyczące jego zapotrzebowania na najbliższe lata, skłaniają do rozważenia możliwości dalszego rozwoju górnictwa siarkowego w Polsce. W tym celu w artykule dokonano oceny dostępności wybranych złóż tej kopaliny w kontekście uwarunkowań środowiskowych oraz obecnych i planowanych kierunków zagospodarowania przestrzennego terenów nad złożami. Jako potencjalne złoża rezerwowe uznać można złoża Rudniki w województwie świętokrzyskim oraz złoża Jamnica i Basznia w województwie podkarpackim. Jednocześnie podjąć należy właściwe kroki, które zapewnią ochronę tych złóż, a tym samym możliwość ich eksploatacji w przyszłości.

Słowa kluczowe: siarka rodzima, złoża, zapotrzebowanie, ograniczenia środowiskowo-przestrzenne

Poland is the only global producer and exporter of elemental sulfur produced from its native deposits. The stable situation on the sulfur market in recent years as well as optimistic forecasts regarding its demand for the coming years let the consider the possibility of sulfur mining further development in Poland. For this purpose, the article assessed the availability of selected deposits of native sulfur on the background of environmental conditions as well as current and planned directions for spatial development of areas over the deposits. The Rudniki deposit in the Świętokrzyskie province and the Jamnica and Basznia deposits in the Podkarpackie province were recognized as potential reserve deposits. At the same time, appropriate action should be taken to ensure safeguarding of these deposits, and thus the possibility of their exploitation in the future.

Keywords: native sulfur, deposits, demand, environmental and spatial limitations

WSTĘP

Właściwie wykorzystana własna baza zasobowa kopaliny może w znacznym stopniu zdecydować o kierunkach rozwoju poszczególnych gałęzi przemysłu w kraju. Nawet gdy dany surowiec, pochodzący z rodzimych złóż, występuje w nadmiarze w stosunku do zapotrzebowania krajowego, to może on być półfabrykatem dla przemysłu wytwarzającego produkty na eksport lub sam w sobie stanowić produkt eksportowy. Taki właśnie przypadek reprezentują zasoby złóż siarki rodzimej występujące w Polsce, które należą do najbogatszych na świecie. Dostępna baza zasobowa pozwoliła, aby w kraju w latach 1962-1992 dynamicznie rozwijało się górnictwo i przetwórstwo tego surowca, a opanowanie technologii eksploatacji otworowej umożliwiło wydobycie przekraczające 5 mln Mg S/r., z czego w szczytowym okresie eksportowano blisko 4 mln Mg S/r. (Basta-Grzywacz 1986, Bilans...wyd. 1992-2012). Dobra koniunktura siarki na rynkach światowych uległa jednak w drugiej połowie 1991 r. gwałtownemu załamaniu. Powodem była coraz większa podaż taniej siarki elementarnej pochodzącej z oczyszczania ropy naftowej, gazu ziemnego i piasków

bitumicznych (tzw. produkcja wymuszona) i spowodowana tym wojna cenowa na rynkach światowych. Doprowadziło to do zahamowania rozwoju górnictwa siarki również w Polsce, czego przejawem było sukcesywne zamykanie funkcjonujących na dużą skalę kopalń: Machów (I i II) (1992-1993 r.), Basznia i Grzybów (1996 r.) oraz Jeziórko (2001 r.). Mimo negatywnych, z punktu widzenia polskiej gospodarki zmian, siarka to nadal jeden z podstawowych surowców wielkiego przemysłu chemicznego (w tym m.in. nawozowego) i masowy towar światowego obrotu.

Podjęte w Polsce próby wskazania surowców ważnych dla rozwoju gospodarczego kraju stawiają siarkę rodzimą w grupie surowców kluczowych i krytycznych jednocześnie (Galos, Smakowski 2014; Radwanek-Bąk i in. 2018). Jest to więc surowiec o podstawowym znaczeniu dla prawidłowego funkcjonowania gospodarki i zaspokojenia potrzeb bytowych społeczeństwa (jako surowiec *kluczowy*), ale równocześnie możliwości jego pozyskania ze źródeł pierwotnych są obciążone dużym ryzykiem i niepewnością (zgodnie z definicją surowca *krytycznego*). Niezwykle cenną cechą eksploatawanej w Polsce siarki rodzimej jest jej bardzo wysoka czystość – końcowy

produkt zawiera 99,95% S, co jest trudne do uzyskania w procesie przemysłowego oczyszczania węglowodorów z siarki. Z tego też powodu krajowy surowiec ciągle jest pożądanym przez branżę wymagającym wysokiej jego czystości, m.in. przemysł kosmetyczny czy farmaceutyczny. Pozbawiona metali ciężkich ceniona jest jako dodatek do nawozów sztucznych i środków ochrony roślin, zarówno w Polsce, jak i na świecie.

Biorąc pod uwagę zalety krajowego surowca oraz niesłabnący w ostatnich latach popyt na niego, zasadnym wydaje się wskazanie tych złóż, które w przyszłości mogłyby przedłużyć funkcjonowanie górnictwa siarki rodzimej w Polsce. Z tego względu w poniższym artykule wskazano podstawowe ograniczenia środowiskowe i przestrzenne, które mogą mieć wpływ na możliwości uruchomienia eksploatacji siarki z nowych złóż lub też reaktywacji nieczynnych zakładów górniczych. Artykuł stanowi również przegląd bieżących informacji na temat krajowego rynku surowca oraz jego bazy zasobowej.

GOSPODARKA KRAJOWA SIARKĄ RODZIMĄ

Baza zasobowa

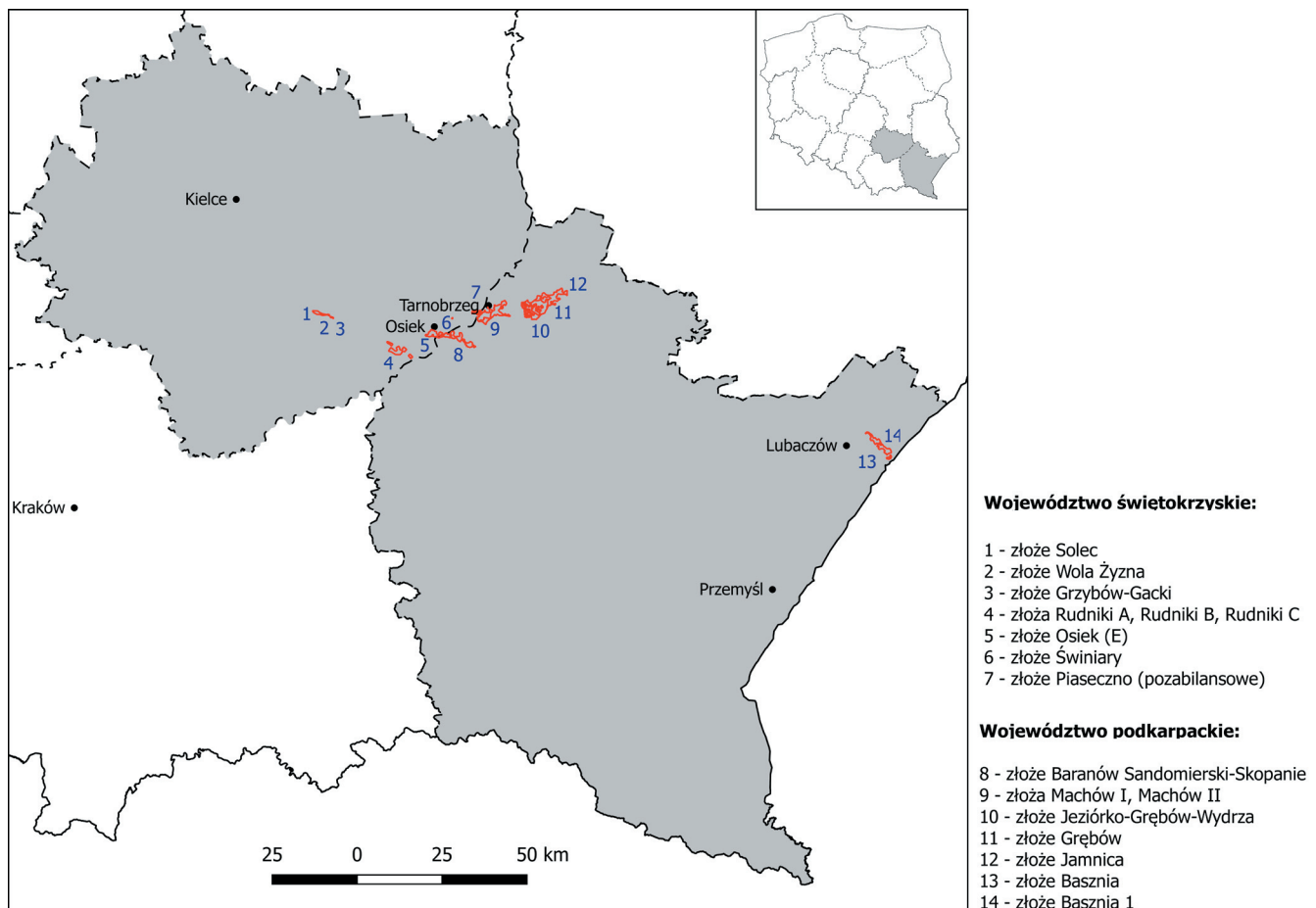
W Polsce duże znaczenie, jako pierwotne (niewymuszone) źródło siarki elementarnej, mają złoża siarki rodzimej, dostarczające w ostatnim czasie ok. 50% jej całkowitej produkcji (Kamyk 2014, 2015). Do pozostałych źródeł, z których pochodzi tzw. produkcja wymuszona, należy zaliczyć: złoża rud siarczkowych miedzi, cynku i ołowiu, zasiarzone gaz ziemny i ropę naftową oraz węgle kamienne. Wśród praktycznie

wykorzystywanych źródeł wtórnych znajduje się odpadowy kwas siarkowy oraz wody technologiczne powstające przy eksploatacji złóż siarki.

Udokumentowane złoża siarki rodzimej występują w Polsce w województwie podkarpackim i świętokrzyskim (rys. 1), a ich łączne zasoby bilansowe wynoszą 504 mln Mg S (tab. 1), z czego tylko 3,7% stanowią zasoby przemysłowe (Bilans Zasobów...2017).

W województwie podkarpackim złoża zlokalizowane są w rejonie tarnobrzeskim i lubaczowskim. Według stanu na 31.12.2016 r., w ośmiu złożach udokumentowano łącznie ponad 427 mln Mg siarki rodzimej. Z tej ilości około 222 mln Mg pozostaje w czterech złożach o zaniechanym już wydobyciu, a reszta w złożach nieeksploatowanych oraz złożu Basznia 1 z nową koncesją wydobywczą (tab. 1).

W województwie świętokrzyskim w sześciu złożach udokumentowanych jest blisko 77 mln Mg siarki rodzimej, z czego 18,6 mln Mg (całość zaliczona do zasobów przemysłowych) znajduje się w jedynym eksploatowanym metodą otworową – nie tylko w Polsce, ale i na świecie – złożu Osiek. Pozostałe zasoby to około 1,3 mln Mg siarki w zaniechanym złożu Grzybów-Gacki oraz około 57 mln Mg w czterech nieeksploatowanych (rozpoznanych szczegółowo lub wstępnie) złożach w rejonie Polańca i Staszowa. Z tej ilości, większość zalega w złożu Rudniki (tab. 1), położonym w bliskiej odległości od eksploatowanego obecnie złoża „Osiek” (rys. 2), co powoduje, że jego zagospodarowanie wzbudza obecnie największe zainteresowanie.



Rys. 1. Rozmieszczenie złóż siarki rodzimej w Polsce (na podstawie danych Centralnej Bazy Danych Geologicznych, PIG-PIB)

Fig.1. Location of native sulfur deposits in Poland (based on Central Geological Database, PIG-PIB)

Tab. 1. Podstawowe parametry złóż siarki rodzimej w Polsce, stan na 31.12.2016 (na podstawie: Bilans Zasobów...2017, baza danych MIDAS, Rózański i in. 2007)
 Tab. 1. The main parameters of native sulfur deposits in Poland, as of 31.12.2016 (based on: Mineral Resources Datafile 2017, MIDAS database, Rózański et al. 2007)

| Złoże | Stan zagosp./ lata eksploatacji | Zasoby bilansowe [tys. Mg] | Pow. [ha] | Zawartość S w rudzie [%] | Zasobność [t/m ²] | Miąższość [m] |
|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------|
| województwo świętokrzyskie | | | | | | |
| Grzybów-Gacki | Z (1966-1996) | 1 336 | 167 | 22,3 | 6,6 | 12,2 |
| Osiek | E (1992-obecnie) | 18 853 | 543 | 30,1 | 11,4 | 17,4 |
| Rudniki | P | 49 950 | 770 | 23,3 | 5,8 | 10,7 |
| Solec | R | 5 576 | 224 | 21,7 | b.d. | 5,8 |
| Świniary | R | 80 | 6 | 15,0 | b.d. | 2,8 |
| Wola Żyzna | R | 1 257 | 15 | 28,5 | b.d. | 14,5 |
| województwo podkarpackie | | | | | | |
| Baranów Sandomierski-Skopanie | R | 99 231 | 1 072 | 33,1 | 15,8 | 21 |
| Basznia | Z (1977-1996) | 96 177 | 543 | 30,1 | 11,4 | 17,4 |
| Basznia 1 | R* | 6 056 | 40 | 33,2 | b.d. | 23,9 |
| Grębów | R | 58 368 | 1 428 | 34,7 | b.d. | 11,4 |
| Jamnica | P | 42 228 | 2 351 | 24,6 | 5,8 | 10,7 |
| Jeziórko-Grębów-Wydrza | Z (1967-2001) | 87 135 | 1 148 | 26,6 | 6,6 | 11,6 |
| Machów I (odkrywka) | Z (1969-1992) | 13 956 | 232 | 32,5 | 7,2 | 9,8 |
| Machów II (otworówka) | Z (1985-1993) | 24 221 | 242 | 31,1 | 8,1 | 11,5 |

* w 2017 roku wydano koncesję wydobywczą dla złoża Basznia 1

Według stanu na 31.12.2016 r. zasoby szacunkowe siarki w trzech rezerwowych złożach rud miedzi wynosiły 5,1 mln Mg S, a w dziewięciu złożach rud cynkowo-olowionych – 2,1 mln Mg S. Ponadto, siarkę jako kopalinę towarzyszącą udokumentowano w czterech eksploatowanych złożach zasiarzonej ropy naftowej i gazu ziemnego: Barnówko-Mostno-Buszewo (BMB) — 411,9 tys. Mg S, Cychry — 39,1 tys. Mg S, Zielin — 0,1 tys. Mg S i Górzycy — 0,5 tys. Mg S. Ich łączne zasoby przemysłowe wynoszą 75,9 tys. Mg S (Bilans Zasobów...2017). Brak jest oszacowania jej zasobów w złożach węgla oraz w większości pozostałych zasiarzonych złóż ropy naftowej i gazu ziemnego.

Struktura produkcji i zużycie

Obecnie siarka na świecie pozyskiwana jest praktycznie w całości z innych źródeł niż złoża siarki rodzimej. Względnie ekonomiczne, ekologiczne i logistyczne spowodowały, że zasiarzony gaz ziemny i ropa naftowa, piaski bitumiczne oraz gazy odlotowe hutnictwa przetwarzającego rudy lub koncentraty siarczkowe, stały się podstawowymi jej źródłami.

Polska pozostaje jedynym państwem na świecie, gdzie duże znaczenie w dostawach na rynek nadal mają złoża siarki rodzimej. Od połowy 2001 r. cała produkcja siarki ze złóż pochodzi z uruchomionej w 1993 r. kopalni otworowej na złożu „Osiek” o zdolności produkcyjnej ok. 0,8 mln Mg S/r., która w grudniu 2013 r. została przejęta przez Grupę Azoty S.A. z Tarnowa.

Pomimo znacznego ograniczenia wydobycia siarki ze złóż na początku XXI wieku, do 2009 r. miała ona podstawowe znaczenie dla gospodarki krajowej. W 2009 r. nastąpiło gwałtowne ograniczenie jej eksportu i zmniejszenie zakupów krajowych, w konsekwencji wydobycie zmalało o ok. 65% – do 263 tys. Mg S, a udział siarki ze złóż w jej łącznej produkcji ze wszystkich źródeł, zmalał do ok. 36%. Pierwszy raz w historii tego przemysłu w Polsce udział siarki z innych źródeł niż jej

złoża (odzysk i siarka w innych formach) przekroczył 50% (Kamyk 2014, 2015). W latach 2010-2012 krajowe i zagraniczne zapotrzebowanie wzrastało, a wydobycie w kopalni Osiek zwiększono. Do kolejnych zawirowań na rynku siarki doszło w 2013 r., ale w latach 2014-2015 nastąpiła jego odbudowa (tab. 2). Tendencja ta utrzymywała się również w 2016 roku (GUS). Wzrastająca produkcja siarki wymuszonej spowodowała jednak, że udział siarki ze złóż zmalał do 50% (tab. 2).

Od 2000 r. stale wzrasta odzysk siarki elementarnej podczas rafinacji ropy naftowej w rafineriach w Płocku i Gdańsku oraz z odsiarczania gazu ziemnego, koksowniczego i wód technologicznych (tab. 2). Generalnie udział siarki z odzysku w całkowitej produkcji siarki we wszystkich jej formach zwiększył się do 28% w 2015 r. Wzrost odzysku związany był z przetwarzaniem coraz większych ilości zasiarzonej ropy naftowej, a także z rosnącą produkcją wyrobów spełniających wysokie normy ekologiczne. Udział siarki w innych formach jest dosyć stabilny i w latach 2010-2015 kształtował się w granicach 22-25% (tab. 2). Siarka pozyskiwana jest w postaci kwasu siarkowego, ciekłego SO₂ i oleum przez oddziały hut miedzi: Głogów I, II i Legnica — KGHM Polska Miedź S.A.; hut cynku i ołowiu: HC Miasteczko Śląskie S.A., ZGH Bolesław S.A. oraz w koksowniach.

Dobrym symptomem dla polskiego górnictwa siarkowego jest z pewnością reaktywacja kopalni siarki „Basznia” w rejonie Lubaczowa. Kopalnia, w okresie rozkwitu, należała do tarnobrzęskiego Siarkopolu, a następnie do spółki „Sulphurquest of Poland” Sp. z o.o., która prowadziła eksploatację ze złoża Basznia do 1993 r., kiedy to w wyniku spadku cen siarki na rynku światowym, zaprzestano wydobycia i w 1996 r. porzucano kopalnię. Przedsiębiorstwo „Polska Siarka” Sp. z o.o. z Sandomierza w lipcu 2017 roku otrzymało koncesję na 20 lat, podczas których metodą otworową – w kopalni pod nazwą „Basznia II” – ma wyeksploatować około 80% zasobów złoża Basznia 1.

Tab. 2. Struktura produkcji siarki w Polsce, tys. Mg S (Bilans...wyd. 1992-2012, GUS, Kamyk 2015)

Tab. 2. Production structure of sulfur in Poland (Bilans...wyd. 1992-2012, GUS, Kamyk 2015)

| Rok | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Produkcja łączna^s w tym: | 4911,7 | 2663,8 | 1778,8 | 1280,4 | 1019,8 | 1189,1 | 1229,2 | 1088,9 | 1168,5 | 1242,2 |
| Siarka elementarna | 4711,7 | 2424,8 | 1499,8 | 988,4 | 766,8 | 916,1 | 962,2 | 833,9 | 910,5 | 977,2 |
| Siarka rodzima z wydobywania | 4683,3 | 2391,7 | 1368,8 | 801,8 | 516,7 | 657,1 | 676,8 | 526,0 | 605,1 | 627,3 |
| Siarka z odzysku | 28,4 | 33,1 | 131,0 | 186,6 | 250,1 | 259,0 | 285,4 | 307,9 | 305,4 | 349,9 |
| • z gazu ziemnego | - | - | - | 21,2 | 24,9 | 23,8 | 25,3 | 386 | 40,0 | 40,2 |
| • z rafinerii ropy naftowej i koksowni | - | - | - | 16,4 | 224,7 | 234,6 | 25,7 | 268,8 | 264,8 | 309,2 |
| • z innych źródeł | - | - | - | 1,0 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,5 |
| Siarka w innych formach^{s,1} | 200,0 | 239,0 | 279,0 | 292,0 | 253,0 | 273,0 | 267,0 | 255,0 | 258,0 | 265,0 |

^s szacunkowo¹ odzyskiwana w postaci H₂SO₄, SO₂ itp., w przeliczeniu na 100% S

Produkcja siarki elementarnej w Polsce jest bardzo silnie związana z jej eksportem. Co prawda udział eksportu siarki w całkowitej krajowej podaży siarki elementarnej od początku lat 90. XX wieku systematycznie maleje, to jednak nadal pozostaje bardzo wysoki. W latach 2010-2015 wahał się, w zależności od koniunktury, od 45 do 60% (tab. 3). Od lat stabilnym i zarazem największym odbiorcą polskiej siarki granulowanej pozostaje Maroko, drugi światowy importer i trzeci konsument siarki na świecie. Reszta siarki elementarnej zużywana jest na rynku krajowym głównie przez przemysł chemiczny, wykorzystujący siarkę w postaci kwasu siarkowego do produkcji nawozów sztucznych (80% krajowego zużycia surowca), innych związków chemicznych (w tym CS₂), włókien sztucznych, wyrobów gumowych i in. W mniejszych ilościach, siarka i kwas siarkowy stosowane są w przemyśle petrochemicznym, papierniczym, motoryzacyjnym, spożywczym, kosmetycznym, farmaceutycznym (Kamyk 2015).

Największym krajowym użytkownikiem siarki elemen-

tarnej, wykorzystywanej głównie do produkcji kwasu siarkowego i oleum, jak również użytkownikiem kwasu siarkowego uzyskanego z gazów odlotowych, jest GK Grupa Azoty S.A. W 2015 r. zużyła ona łącznie 406 tys. Mg siarki elementarnej i ponad 270 tys. Mg kwasu siarkowego obcego (Roczny raport 2015). Poza GK Grupą Azoty S.A. kwas siarkowy z siarki elementarnej produkują jeszcze tylko ZCh Siarkopol Tarnobrzeg Sp. z o.o. w Tarnobrzegu.

Należące również do GK Grupy Azoty S.A., KiZChS Siarkopol S.A. w Grzybowie są największym producentem dwusiarczku węgla w Europie. Wielkość produkcji uzależniona jest od zapotrzebowania rynku europejskiego, na którym zakład lokuje większość swojej produkcji. W ostatnich latach Siarkopol uruchomił również nową instalację do produkcji siarki nierozpuszczalnej w dwusiarczku węgla, niezbędną w przemyśle oponiarskim w procesie wulkanizacji kauczuku, ale również stosowaną w produkcji mechanicznych wyrobów gumowych takich jak pasy transmisyjne, zbrojone węże gumowe i pasy napędowe.

Tab. 3. Gospodarka siarką elementarną w Polsce, tys. Mg (Bilans...wyd. 1992-2012, obliczenia własne)

Tab. 3. The economy of elemental sulfur in Poland (Bilans...wyd. 1992-2012, own calculations)

| Rok | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|------------------|--------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Produkcja | 4711,7 | 2424,8 | 1499,8 | 989,9 | 766,8 | 916,1 | 962,2 | 833,9 | 910,5 | 977,2 |
| Import | 16,1 | 0,9 | 49,3 | 78,8 | 53,1 | 55,7 | 30,4 | 8,6 | 2,9 | 5,7 |
| Eksport | 3816,0 | 1643,5 | 1023,4 | 592,1 | 438,0 | 421,4 | 536,5 | 406,5 | 549,0 | 517,9 |
| Zmiana zapasów | - | 89,7 | 37,2 | -17,5 | -98,5 | 7,8 | 6,6 | 53,8 | -49,2 | 2,2 |
| Zużycie | 911,8^a | 692,5 | 488,5 | 494,1 | 480,4 | 542,6 | 449,5 | 382,2 | 413,6 | 462,8 |

^a zużycie porzonne

Trendy w kierunkach wykorzystania siarki elementarnej w Polsce, zgodne są z tymi, jakie obserwowane są na świecie. W dalszym ciągu zdecydowana jej większość przerabiana jest na kwas siarkowy, a ten z kolei wykorzystywany jest głównie do przerobu fosforytów, (sprowadzanych m.in. z Maroka w zamian za polską siarkę), na kwas fosforowy i nawozy fosforowe. Warto nadmienić, że Polska od lat pozostaje znaczącym w Europie producentem tych nawozów, ustępując nieznacznie tylko Belgii. Zapotrzebowanie na siarkę będzie utrzymywać się tak długo dopóki wielkość plonów w rolnictwie zależeć będzie od zużycia nawozów sztucznych. Szacuje się, że może nawet wzrosnąć z powodu braku siarki w glebie i wynikającej stąd konieczności jej uzupełnienia. Rosnąca produkcja nawozów mineralnych stanowi również odpowiedź na wzrost populacji, a co za tym idzie zwiększające się zapotrzebowanie żywnościowe ludzkości. Najnowsze badania wykazują, że co najmniej do 2022 roku rynek nawozów fosforowych będzie się rozwijał. W tym kontekście niezwykle istotny jest eksport polskiej siarki ze złóż do Maroka, które to jest liderem w produkcji tych nawozów na rozwijający się rynek afrykański (Sulphur Market Outlook 2015), w świecie zajmując czwartą pozycję. Polskim podmiotem eksportującym jest oczywiście Grupa Azoty S.A. W związku z tym, że eksport siarki stanowi ok. 80% obrotów rocznych spółki (Raport zintegrowany...2016), podpisana została przez nią umowa dotycząca świadczenia przez Bałtycką Bazę Masową (spółka zależna Grupy Azoty Zakłady Azotowe „Puławy” S.A.) na rzecz spółki Grupa Azoty Kopalnie i Zakłady Chemiczne Siarki „Siarkopol” w Grzybowie (spółka zależna Grupy Azoty S.A.) usług przeładunkowo-składowych siarki granulowanej i pastylkowanej do 2023 roku.

Pomimo szerokiego spektrum zastosowań siarki, w najbliższych latach przemysłem dyktującym światowy, w tym również polski popyt na siarkę, będzie przemysł nawozów sztucznych, a w drugiej kolejności produkcja opon i związana z tym wulkanizacja kauczuku (Global Sulfur Market 2017).

OCENA DOSTĘPNOŚCI ZŁÓŻ SIARKI RODZIMEJ

Z wielu powodów nie jest zasadne rozpatrywanie dostępności wszystkich złóż siarki rodzimej, jakie widnieją w „Bilansie zasobów złóż kopalin w Polsce” (2017) (tab. 1). Jako potencjalne złoża rezerwowe uznać można złoża Rudniki w województwie świętokrzyskim oraz złoża Baranów Sandomierski-Skopanie, Basznia, Grębów oraz Jamnica w województwie podkarpackim. Zasoby pozostałych złóż województwa świętokrzyskiego są niewielkie (tab. 1). Zaniechane złoża z rejonu tarnobrzeskiego, pomimo znacznych pozostawionych w nich zasobów, nie są złożami perspektywnymi. W rejonie doświadczalnej kopalni otworowej „Machów II” oraz odkrywkowej kopalni „Machów I” zakończone zostały prace likwidacyjne i rekultywacyjne. W otoczeniu rekreacyjnego zbiornika wodnego, powstałego w miejscu wyrobiska, planuje się rozwój turystyki i sportu, wspomagany komercyjną działalnością usługową (Szmuc, Madej 2011). Prace rekultywacyjne dobiegają końca również na terenie otworowej Kopalni „Jeziórko”, która przez kilkadziesiąt lat eksploatowała złoża Jeziórko-Grębów-Wydrza (Czajkowski i in. 2014). Złoża Solec, położone w województwie świętokrzyskim, ponad 20 km na północny-zachód od Osieka, charakteryzuje się jednymi z najsłabszych parametrów jakościowych w województwie. Zasoby rzędu 5,5 mln Mg, niższa zawartość siarki w rudzie oraz znacznie mniejsza miąższość

złoża w porównaniu ze złożem Osiek i Rudniki (tab. 1), decydują o tym, że możliwości jego eksploatacji metodą otworową mogą być ograniczone.

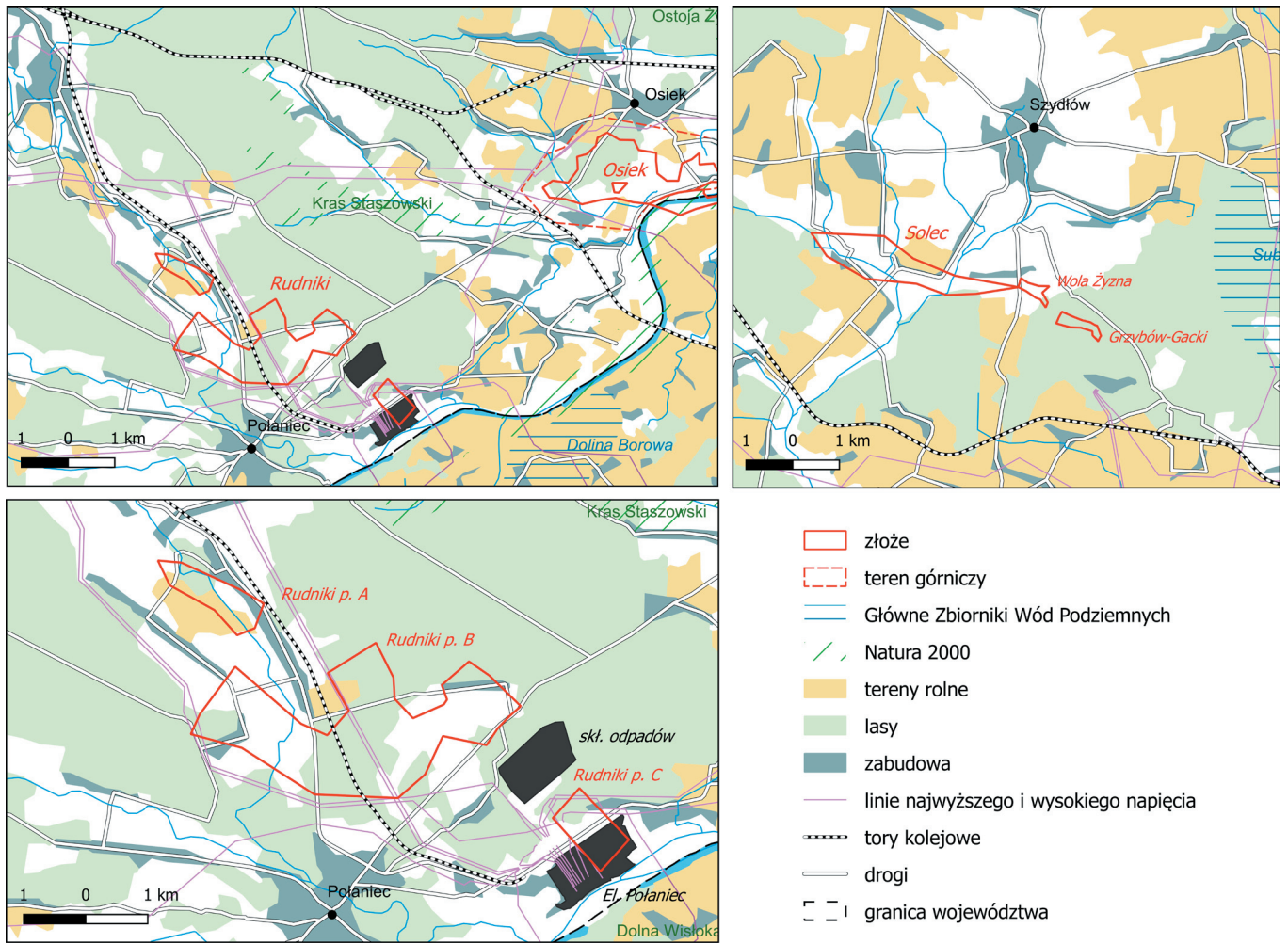
Województwo świętokrzyskie

Spośród złóż województwa świętokrzyskiego na uwagę zasługuje złoża Rudniki, zlokalizowane około 3 km na południowo-zachód od Kopalni „Osiek” (rys. 2.), w gminie Rytwiiany (pole A) i Połaniec (pole B i C). Biorąc pod uwagę fakt, że koncesja na eksploatację złoża Osiek kończy się 31.12.2020 roku, złoża to jest szansą na przedłużenie funkcjonowania górnictwa siarki w tym regionie na kolejne od 14 do 18 lat (Dytkowski i in. 2008). Parametry jakościowe złoża Rudniki są gorsze niż złoża Osiek, niemniej jednak kwalifikuje się ono do eksploatacji metodą otworową. Bilansowe są zasoby środkowego (B) i wschodniego (C) pola złoża (Dytkowski i in. 2008,) (rys. 2). W związku z powyższym Zakłady Chemiczne Siarki „Siarkopol” (należące obecnie do Grupy Azoty) w 2017 roku otrzymały koncesję na rozpoznanie złoża Rudniki pole B.

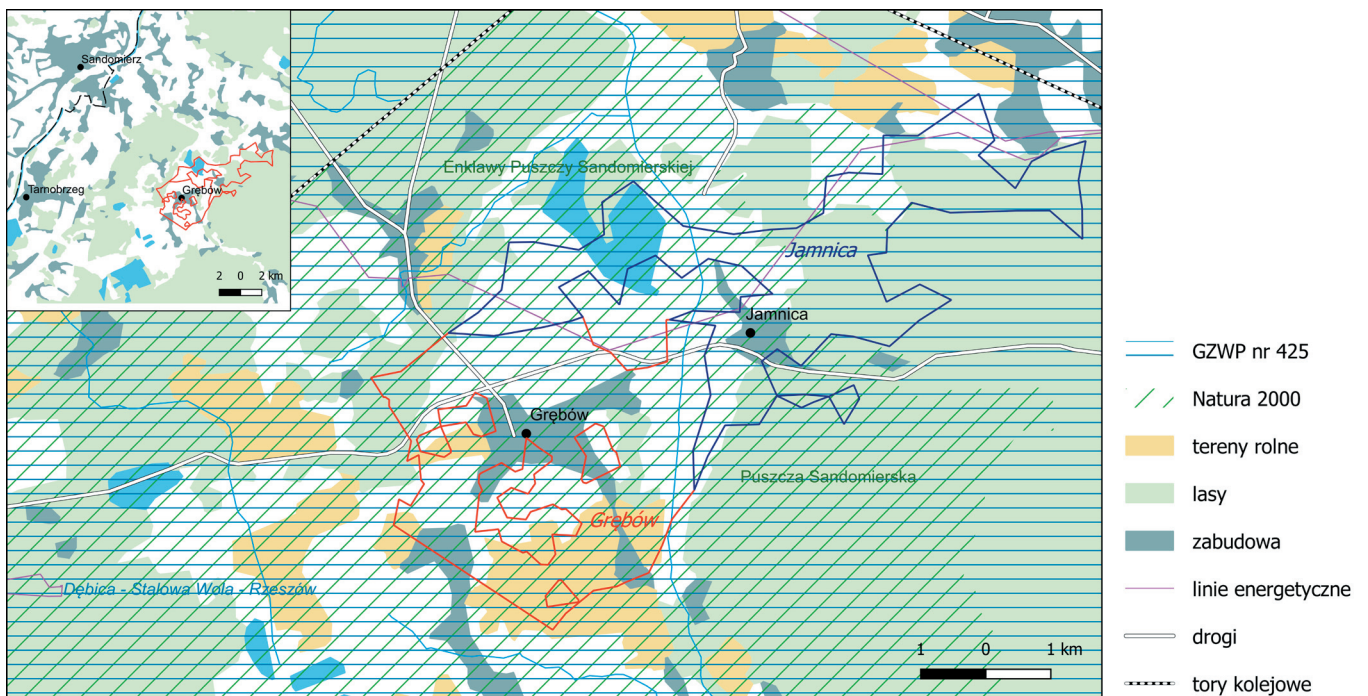
Dostępność środowiskowo-przestrzenna

Złoża Rudniki wykazuje niewielki stopień konfliktowości środowiskowej. Zlokalizowane jest poza obszarami chronionymi, a najbliższy obszar Natura 2000 Kras Staszowski znajduje się około 2 km na północ i północny-wschód od granic złoża (rys. 2). Centralną część środkowego, a jednocześnie największego, pola złoża porastają lasy gospodarcze. Na pozostałym obszarze występują gleby przeważnie V i VI klasy bonitacyjnej. Bilansowe pola B i C wykazują wysoki stopień konfliktowości przestrzennej. Z jakichkolwiek rozważań należy usunąć pole C, które właściwie w całości zlokalizowane jest na terenie Elektrowni Połaniec oraz w bezpośrednim sąsiedztwie należącego do niej składowiska popiołów (rys. 2). Przez centralną część pola B przebiega droga wojewódzka (nr 764) oraz równoległe do niej magistrała kolejowa oraz linie najwyższego i wysokiego napięcia. W granicach złoża znajduje się również ponad kilometrowy odcinek drogi krajowej nr 79. Aktualny sposób zagospodarowania powierzchni nad złożem (infrastruktura i zwarta zabudowa), ogranicza dostęp do około 60% bilansowej części złoża Rudniki.

Plan Zagospodarowania Przestrzennego Województwa Świętokrzyskiego (PZPWŚ 2014) w zakresie kierunków rozwoju bazy ekonomicznej oraz obszarów wydobywania surowców mineralnych, jako główny cel przyjmuje „wzrost konkurencyjności i innowacyjności przestrzeni gospodarczej wraz z wykorzystaniem specyficznych zasobów i potencjałów regionalnych (...)”. Wprawdzie w trosce o zachowanie walorów krajobrazowych przyjmuje się zasadę nie tworzenia nowych obszarów koncentracji działalności górniczej, to jednak nie wyklucza to podjęcia eksploatacji pojedynczych złóż, położonych na innych obszarach pod warunkiem, że nie spowoduje ona zagrożeń środowiskowych i jest szczególnie uzasadniona względami gospodarczymi. PZPWŚ (2014) dopuszcza rozwój wydobywania kopalin charakterystycznych jedynie dla woj. świętokrzyskiego, takich jak gipsy, siarka czy wody mineralne, z uwzględnieniem korzyści gospodarczych i wymogów ochrony środowiska. W związku z powyższym winny być respektowane specyficzne kryteria polityki przestrzennej, w tym przede wszystkim zabezpieczenie rezerw terenowych i ochrona złóż przed inwestycjami nie związanymi z działalnością górniczą, które mogłyby ograniczyć lub uniemożliwić w przyszłości ich



Rys. 2. Lokalizacja złóż siarki rodzimej w województwie świętokrzyskim na tle uwarunkowań środowiskowo-przestrzennych
 Fig.2. Location of native sulfur deposits in the Świętokrzyskie Province on the background of environmental and spatial conditions



Rys. 3. Złoża Jamnica i Grębów (województwo podkarpackie) na tle uwarunkowań środowiskowo-przestrzennych
 Fig. 3. Jamnica and Grębów deposits (Podkarpackie Province) on the background of environmental and spatial conditions

eksploatację. Jednocześnie obszar funkcjonalny wyznaczony został w dokumencie jedynie dla eksploatowanego obecnie złoża siarki Osiek, jako przykład podobszaru o największym potencjale rozwoju wydobywania i przetwórstwa surowców mineralnych (PZPWS 2014).

Powyższe przepisy nie znajdują odzwierciedlenia w Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego Miasta i Gminy Połaniec (2010), w granicach której w większości położone są bilansowe pola B i C złoża Rudniki. Zgodnie z dokumentem nie przewiduje się eksploatacji złoża, co argumentowane jest spadającym popytem na siarkę rodzimą (Studium 2010). Podobny charakter mają zapisy proceduralnego aktualnie projektu Zmiany Studium (2016), w której to złożo „z uwagi na ogólną uciążliwość” określone zostało jako bardzo konfliktowe, bez perspektyw na przyszłą eksploatację. W obszarze złoża Rudniki pole B dokumenty planistyczne gminy Połaniec (Studium 2010) przewidują natomiast obszary działalności gospodarczej, produkcyjnej i usługowej (wytyczona strefa ekonomiczna, częściowo lub całkowicie wyposażona w media). Dodatkowo w północnej części złoża, w sąsiedztwie miejscowości Rudniki wydzielono obszar przeznaczony do zabudowy przemysłowej związanej z produkcją energii odnawialnej (słonecznej) wraz z właściwą strefą ochronną. Wzdłuż południowej granicy pola B złoża przebiega oś planowanej obwodnicy miasta Połaniec.

Województwo podkarpackie

Udokumentowane w północnej części województwa podkarpackiego złoża Jamnica, Grębów oraz Baranów Sandomierski-Skopanie to łącznie ponad 40% krajowych zasobów siarki rodzimej. Złoża charakteryzują się bardzo dobrymi parametrami jakościowymi, zarówno pod względem zawartości siarki w rudzie, jak i miąższości złoża (tab. 1). Jednocześnie są one przestrzennie powiązane z historycznymi miejscami eksploatacji tego surowca – kopalniami „Machów”, „Jeziórko” i „Piaseczno”. Gminy, w granicach których zlokalizowane są złoża, szczególnie Osiek i Grębów, od lat zmagają się ze skutkami prowadzonego niegdyś na szeroką skalę wydobywania.

Korzystne parametry jakościowe charakteryzują również złożo Basznia w rejonie Lubaczowa, które eksploatowane było metodą otworową w latach 1977-1993. Obecnie w tym rejonie przewiduje się ponowne uruchomienie eksploatacji (o czym wspomniano powyżej) z częściowym wykorzystaniem istniejącej infrastruktury, m.in. zakładu przerobczego i ujęć wód powierzchniowych. Istotną deklaracją przy reaktywacji kopalni, było zobowiązanie przedsiębiorcy do przeprowadzenia niezbędnych prac rekultywacyjnych na terenie dawnej kopalni oraz zapewnienie miejsc pracy (Mrzyglód 2014). Niemniej jednak przedmiotem eksploatacji będzie stosunkowo niewielkie złożo Basznia 1. Rozległe i zasobne złożo Basznia, nadal pozostaje rezerwowym.

Dostępność środowiskowo-przestrzenna

Zlokalizowane w dorzeczu Wisły i Sanu złoża Jamnica oraz Grębów położone są w granicach dwóch obszarów Natura 2000: Puszcza Sandomierska (od strony południowej) oraz Enklawy Puszczy Sandomierskiej (od strony północnej). Zachowane fragmenty tego kompleksu leśnego planuje się chronić w przyszłości również poprzez utworzenie w tym rejonie parku krajobrazowego (pzo.gdos.gov.pl, Studium 2016). Dodatkowo na tym obszarze udokumentowany został Główny Zbiornik

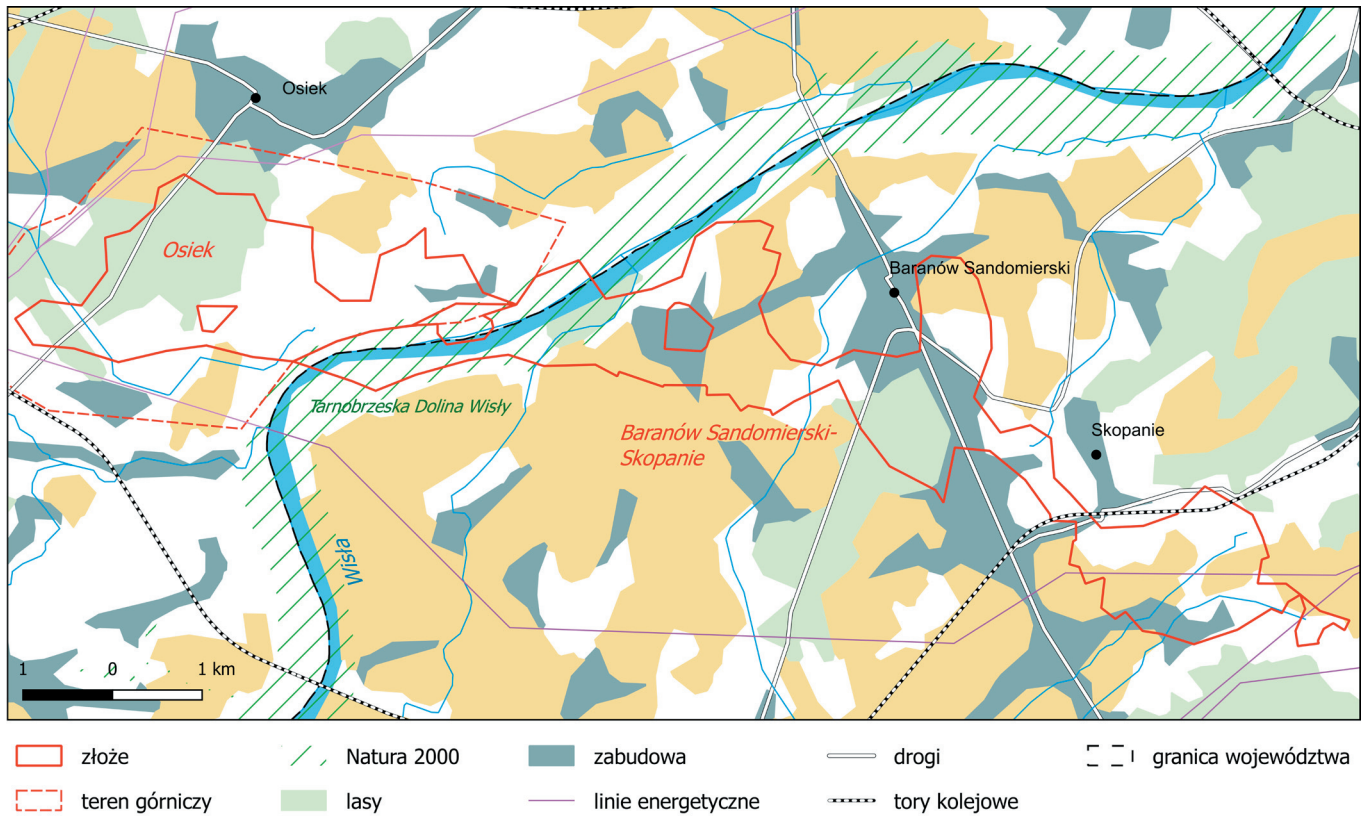
Wód Podziemnych nr 425 „Dębica-Stalowa Wola-Rzeszów” (rys. 3). Jest to największy i najbardziej zasobny zbiornik wód czwartorzędowych w rejonie Podkarpacia i główne użytkowe piętro wodonośne na tym obszarze, stanowiące źródło wód pitnych i przemysłowych (Różański i in. 2007, PSH 2017). Słabe parametry jakościowe wód w rejonie omawianych złóż, będące głównie wynikiem historycznej już eksploatacji siarki w tym rejonie, oraz wysoka podatność zbiornika na antropopresję powodują, iż wymaga on w tej części najwyższej ochrony (strefa ONO GZWP) (PSH 2017). Złożo Baranów Sandomierski-Skopanie położone jest wprawdzie poza granicami wspomnianego GZWP, ale na całym jego obszarze występuje użytkowy czwartorzędowy poziom wodonośny, który z uwagi na brak warstwy izolującej narażony jest na działanie czynników antropogenicznych (Poręba i in. 2007). Zachodnia część złoża położona jest w granicach obszaru Natura 2000 Tarnobrzaska Doliny Wisły (rys. 4).

Rozległe powierzchnie tarnobrzeskich złóż siarki rodzimej powodują, że stopień ich konfliktowości przestrzennej jest bardzo wysoki. Wszystkie z nich położone są w stosunkowo wysoko zurbanizowanym obszarze o dużym potencjale i tempie rozwoju przestrzennego. Silnie rozwinięta infrastruktura drogowa i techniczna oraz zwarta i rozproszona zabudowa miast i wsi, właściwe dyskwalifikują z jakichkolwiek rozważań złożo Grębów oraz rozległe złożo Baranów Sandomierski-Skopanie. Wyjątek stanowić może wschodnia i północno-wschodnia część złoża Jamnica.

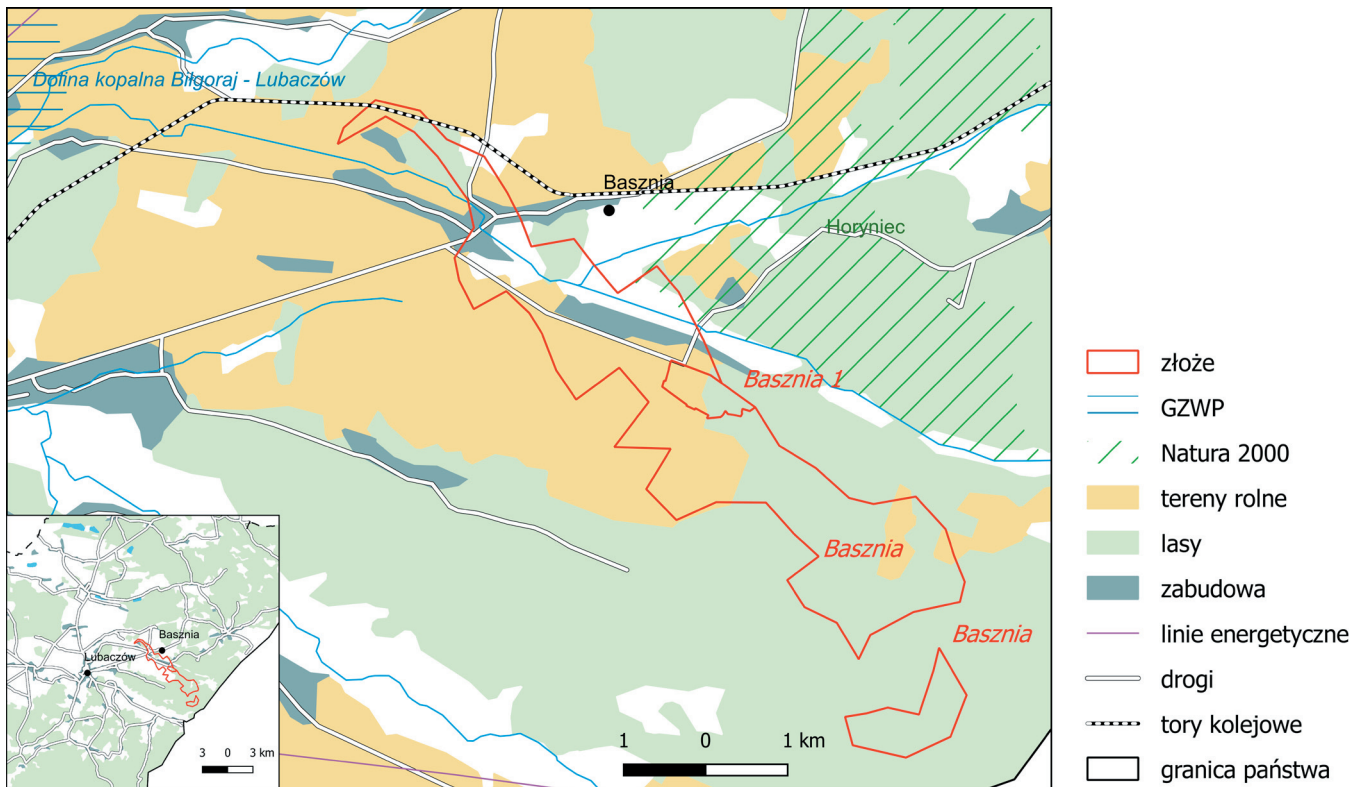
Najmniejszy stopień konfliktowości środowiskowo-przestrzennej wykazuje niewątpliwie złożo Basznia w rejonie Lubaczowa. Położone jest ono poza powierzchniowymi formami ochrony przyrody, a najbliższy obszar Natura 2000 Horyniec sąsiaduje bezpośrednio ze złożem w północnej jego części (rys. 5). O pewnym stopniu konfliktowości środowiskowej tych złóż decydują na pewno gleby wysokich klas bonitacyjnych oraz zwarte kompleksy lasów pełniących w tym obszarze bardzo istotną rolę wodoochronną i glebochronną (Jochemczyk i in. 2007).

Plan Zagospodarowania Przestrzennego Województwa Podkarpackiego (PZPWP 2002) w zakresie ochrony i racjonalnego wykorzystania kopalin podstawowych i pospolitych o znaczeniu regionalnym, nie uwzględnia eksploatacji złóż siarki rodzimej w tym regionie. Dopiero wyznaczone w 2015 roku, na mocy zmiany Ustawy z dnia 27 marca 2003 roku o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, obszary funkcjonalne obejmują swym zasięgiem złożo siarki, wskazując na ich unikatowość w skali świata (Obszary funkcjonalne 2015). W szczególności, spośród udokumentowanych w województwie złóż, jako strategiczne określa się złożo Jamnica – ze względu na najmniejszy konflikt z istniejącymi elementami zagospodarowania i położeniem właściwie poza obszarami chronionymi, oraz złożo Basznia – z uwagi na perspektywę wznowienia eksploatacji oraz brak konfliktów przestrzennych i środowiskowych. Wymienione złoża wskazuje się do ochrony „przed zagospodarowaniem wykluczającym ich ewentualne przyszłe wykorzystanie” (Obszary funkcjonalne 2015).

Podobnie jak ma to miejsce w województwie świętokrzyskim, zapisy dokumentów planistycznych szczebla regionalnego nie znajdują odzwierciedlenia w dokumentach szczebla lokalnego, będących przecież podstawą realizacji gospodarki przestrzennej w danej gminie. W rozwoju funkcjonalno-przestrzennym gminy Grębów Studium (Studium 2016a) nie przewiduje ponownej eksploatacji złóż siarki. Jako cel gmina



Rys. 4. Złoże Baranów Sandomierski-Skopanie na tle uwarunkowań środowiskowo-przestrzennych
 Fig. 4. Baranów Sandomierski-Skopanie deposit on the background of environmental and spatial conditions



Rys. 5. Złoże Basznia (województwo podkarpackie) na tle uwarunkowań środowiskowo-przestrzennych
 Fig. 5. Basznia deposit (Podkarpackie Province) on the background of environmental and spatial conditions

stawia sobie wykreowanie nowego, przyrodniczo-turystycznego wizerunku, bazując m.in. na zrehabilitowanych terenach po dawnym górnictwie siarkowym. Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego Gminy Stalowa Wola (Studium 2015), w której położona jest najbardziej na wschód wysunięta część złoża Jamnica, przewiduje w tym rejonie wprawdzie tylko tereny leśne (tzw. obszar leśny przyrodniczo czynny obejmujący Puszcę Sandomierską), ale w dokumencie złoża Jamnica w ogóle nie występuje. Podobnie zresztą jak w Studium sąsiedniej gminy Zaleszany (2010).

Nieco odmienna sytuacja ma miejsce w gminie Lubaczów, w której w całości zlokalizowane jest złożo Basznia i Basznia 1. Pierwotnie Studium nie przywidywało w granicach gminy terenów związanych z górnictwem siarki. Zamierzenia przedsiębiorstwa Polska Siarka Sp. z o.o. związane z reaktywacją dawnej kopalni były impulsem do tego, aby w 2013 roku dokonać zmian w Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego Gminy Lubaczów. Z punktu widzenia inwestora był to pierwszy i najważniejszy krok do otrzymania koncesji wydobywczej. W rezultacie w strukturze funkcjonalno-przestrzennej gminy – na pograniczu miejscowości Sieniawka i Podlesie – wyodrębniono dodatkowy obszar funkcjonalny o powierzchni około 50 ha (0,2% powierzchni gminy) – „kopalnia siarki” na terenie złoża Basznia 1 (Studium 2016b). Pomimo tego, iż władze gminy w reaktywacji górnictwa siarki w tym rejonie widzą szanse rozwoju gospodarczego regionu oraz redukcji bezrobocia, to jednak rozległe i zasobne złożo Basznia w dokumentach planistycznych nie zostało uwzględnione.

PODSUMOWANIE

Polska pod względem wielkości bazy zasobowej siarki rodzimej, ale również jej produkcji ze złóż, od kilkudziesięciu lat pozostaje światowym liderem. Udokumentowane złoża w rejonie Połańca, Tarnobrzega i Lubaczowa są unikatowe w skali kraju i świata, podobnie zresztą jak aktualnie jedyna czynna kopalnia otworowa tego surowca – „Osiek”. Jednocześnie kilkudziesięcioletnia eksploatacja siarki, prowadzona metodą odkrywkową i otworową, spowodowała istotne zmiany w środowisku przyrodniczym, do tego stopnia, że rejon tarnobrzeski znalazł się na liście obszarów zagrożonych klęską ekologiczną (GUS 1992). Udoskonalenie otworowej technologii eksploatacji, sukcesem zakończona rekultywacja kopalni „Machów” i „Jeziórko” oraz prace rekultywacyjne w odkrywce „Piaseczno” wpłynęły na znaczną poprawę sytuacji w regionie. Również kopalnia „Osiek” do zagadnień związanych z ochroną środowiska naturalnego przywiązuje ogromną wagę, prowadząc stały monitoring środowiskowy wód, gleby i powietrza (Kowalik i in. 2009). Niemniej jednak przemysł wydobywczy siarki ciągle kojarzony jest z ogromnymi stratami w środowisku naturalnym, a jego postrzeganie wśród lokalnej społeczności jest raczej negatywne.

Ocena dostępności środowiskowo-przestrzennej złóż siarki rodzimej, przeprowadzona w poniższym artykule, jednoznacz-

nie pokazuje, że pomimo ogromnej bazy zasobowej, jaką dysponujemy (Bilans Zasobów... 2017, tab. 1.), większość zasobów w chwili obecnej jest właściwie niedostępna. Ogromne zasoby siarki pozostawione zostały w złożach Machów I, Machów II oraz Jeziórko-Grębów-Wydrza, których rekultywacja jest praktycznie zakończona, co eliminuje je z możliwości przyszłej eksploatacji. Z pozostałych złóż niezagospodarowanych w regionie tarnobrzeskim, interesujące wydaje się złożo Baranów Sandomierski-Skopanie, będące naturalnym przedłużeniem eksploatowanego złoża Osiek. W całości zlokalizowane jest jednak po drugiej stronie rzeki Wisły, na terenach wysoko zurbanizowanych, co technicznie i ekonomicznie utrudnia jego zagospodarowanie. Złoża Jamnica i Grębów wykazują natomiast bardzo wysoki stopień konfliktowości środowiskowej.

W ocenie dostępności złóż, poza aktualnym sposobem zagospodarowania powierzchni nad złożami, równie istotne są planowane kierunki rozwoju zawarte we właściwych dokumentach planistycznych, szczególnie tych szczebla lokalnego. W przypadku złóż siarki rodzimej niepokojący jest fakt, że większość gmin, w granicach których zlokalizowane są złoża, nie wywiązuje się z ustawowego obowiązku uwzględniania w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego udokumentowanych złóż oraz uwarunkowań wynikających z ich występowania. Tym sposobem niezwykle cenne, z punktu widzenia dalszego funkcjonowania kopalni „Osiek”, złożo Rudniki, zgodnie z zapisami studium gminy, może zostać w przyszłości zabudowane.

Ciągle aktualne jest jednak pytanie czy utrzymywanie funkcjonowania przemysłu wydobywczego siarki w Polsce jest uzasadnione. Ostatnie lata dobrej koniunktury przejawiające się niewielkim, ale jednak wzrostem produkcji siarki rodzimej w Polsce, nowe inwestycje poczynione w kopalni „Osiek”, a przede wszystkim reaktywacja kopalni w Baszni, pozwalają twierdząc odpowiedzieć na to pytanie. W kontekście przyszłości eksploatacji siarki w Polsce istotne jest również przejście kopalni „Osiek” przez Grupę Azoty S.A, która jest jedną z kluczowych grup kapitałowych branży nawozowo-chemicznej w Europie i jednocześnie największym użytkownikiem produkowanego w kraju surowca. Przejmując jedyną w Polsce kopalnię siarki zapewniła sobie stabilne dostawy surowca po możliwie najniższych cenach, co jest zgodne z przyjętą przez GK Azoty S.A. strategią rozwoju. Z pewnością będzie dążyć też do tego, aby sytuację taką utrzymać również w przyszłości, stąd jej zainteresowanie rezerwowym złożem Rudniki, tym bardziej, że rozwojowi całej grupy kapitałowej sprzyja rosnące zapotrzebowanie na nawozy sztuczne oraz wzrost wykorzystania siarki do wulkanizacji kauczuku. Szacuje się, że właśnie te dwa elementy są i będą w najbliższym czasie głównymi czynnikami napędzającymi wzrost globalnego przemysłu siarkowego.

Z uwagi na optymistyczne scenariusze dotyczące możliwości wykorzystania zarówno w kraju, jak i na świecie siarki z polskich złóż, należałoby podjąć starania, aby najcenniejsze z nich zostały objęte w kraju właściwą ochroną. Za najbardziej perspektywiczne, w chwili obecnej, uznać należy złożo Rudniki w województwie świętokrzyskim oraz złożo Jamnica (fragmentarycznie) i Basznia w województwie podkarpackim.

Literatura

- [1] Basta-Grzywacz M., 1986 – *Siarka-S* [w:] Surowce Mineralne Świata [red.:] Bolewski A. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa
- [2] Bilans Gospodarki Surowcami Mineralnymi Polski i Świata, wydania 1992-2011. Opracowanie IGSMiE PAN Kraków. Wydawnictwo PIG-PIB, Warszawa
- [3] Bilans zasobów złóż kopalni w Polsce, wg stanu na 31.12.2016 r. Wydawnictwo PIG-PIB, Warszawa, 2017
- [4] Czajkowski R., Czyryło Z., Michno W., Wolak M., 2014 – *Proces przywracania funkcji użytkowych terenom pogórnym na przykładzie likwidowanej Kopalni Siarki Jeziórko*. Warsztaty z cyklu „Górnictwo – człowiek – środowisko: zrównoważony rozwój”. Materiały konferencyjne, s.: 348-363
- [5] Dytkowski K., Gorczyca J., Socha R., 2008 – *Perspektywy rozwoju działalności wydobywczej Kopalni i Zakładów Chemicznych Siarki „Siarkopol” S.A. w Grzybowie na tle aktualnego stanu zagospodarowania złoża siarki „Osiek”*. Miesięcznik WUG, nr 6, s.: 19-22
- [6] Galos K., Smakowski T., 2014 – *Wstępna propozycja metodyki identyfikacji surowców kluczowych dla polskiej gospodarki*. Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN, nr 88, s.: 59-79
- [7] Global Sulfur Market 2017 – Global Sulfur Market – Growth, Trends and Forecasts (2017-2022). Summary. [z:] www.researchandmarkets.com (dostęp: kwiecień 2018)
- [8] GUS – niepublikowane dane statystyczne dotyczące produkcji surowców mineralnych i wyrobów pochodnych w Polsce
- [9] GUS 1992 – Obszary ekologicznego zagrożenia w Polsce w latach 1982-1990. GUS. Warszawa, 1992
- [10] Jochemczyk L., Osendowska E., Nowacki K., Bliźniuk A., Kwecko P. Tomassi-Morawiec H., 2007 – Objasnienia do Mapy geosrodowiskowej Polski w skali 1:50 000. Arkusz Cieszanów. Wydawnictwo PIG-PIB, Warszawa
- [11] Kamyk J. 2015 – Siarka [w:] Bilans Gospodarki Surowcami Mineralnymi Polski i Świata 2013. [red.:] Smakowski T., Galos K., Lewicka E. Opracowanie IGSMiE PAN Kraków. Wydawnictwo PIG-PIB, Warszawa
- [12] Kamyk J., 2014 – Sulfur [w:] Minerals Yearbook of Poland 2013. [red.:] Smakowski T., Galos K., Lewicka E. Opracowanie IGSMiE PAN Kraków. Wydawnictwo PIG-PIB, Warszawa
- [13] Kowalik S., Gajdowska M., Herczakowska J., 2009 – Problem ochrony środowiska w górnictwie otworowym na przykładzie Kopalni i Zakładów Chemicznych Siarki Siarkopol S.A. – kopalnia Osiek [z:] www.researchgate.net (dostęp kwiecień 2018)
- [14] Mrzygłód 2014 – Kopalnia siarki Basznia. XXXVI Gazeta Horyniecka
- [15] Obszary funkcjonalne 2015 – Obszary funkcjonalne w województwie podkarpackim. Rzeszów, 2015
- [16] Poręba E., Bujakowska K., Bliźniuk A., Kwecko P., Tomassi-Morawiec H., 2007 – Objasnienia do Mapy geosrodowiskowej Polski w skali 1:50 000. Arkusz Baranów Sandomierski. Wydawnictwo PIG-PIB, Warszawa
- [17] PSH 2017 – Charakterystyka głównych i lokalnych zbiorników wód podziemnych [w:] Informator PSH. Główne zbiorniki wód podziemnych w Polsce. Wydawnictwo PIG-PIB, Warszawa 2017
- [18] PZPWP 2002 – Plan Zagospodarowania Przestrzennego Województwa Podkarpackiego. Rzeszów, 2002
- [19] PZPWŚ 2014 – Plan Zagospodarowania Przestrzennego Województwa Świętokrzyskiego. Kielce, 2014
- [20] Radwanek-Bąk B., Galos K., Nieć M., 2018 – Surowce kluczowe, strategiczne i krytyczne dla polskiej gospodarki. Przegląd Geologiczny, vol. 66, nr 3, s.: 153-159
- [21] Raport zintegrowany...2016 – Raport zintegrowany Grupy Azoty za 2015 rok. Grupa Azoty S.A. Tarnów, 2016
- [22] Roczny raport..., 2015 – Roczny raport na temat kwestii środowiskowych i społecznych 2015. Grupa Azoty S.A. Tarnów
- [23] Różański P., Bujakowska K., Bliźniuk A., Kwecko P., Tomassi-Morawiec H., 2007 – Objasnienia do Mapy geosrodowiskowej Polski w skali 1:50 000. Arkusz Grębów. Wydawnictwo PIG-PIB, Warszawa
- [24] Studium 2010 – Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego Miasta i Gminy Połaniec. Połaniec, 2010
- [25] Studium 2015 – Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego Gminy. Zmiana Studium. Stalowa Wola, 2015
- [26] Studium 2016a – II Zmiana Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego Gminy Grębów. Grębów, 2016
- [27] Studium 2016b – Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego Gminy Lubaczów. Lubaczów, 2016
- [28] Sulphur Market Outlook 2015 [z:] www.integer-research.com (dostęp: kwiecień 2018)
- [29] Szmuc M., Madej K., 2011 – *Była siarka! Co jest teraz?* Górnictwo i geologia. T.6, z. 1. Wydawnictwo AGH. Kraków
- [30] Zmiana Studium 2016 – Zmiana Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego Miasta i Gminy Połaniec (projekt). Połaniec, 2016