



WYKONANO NA ZAMÓWIENIE MINISTRA ŚRODOWISKA
ZA ŚRODKI FINANSOWE WYPŁACONE PRZEZ
NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I
GOSPODARKI WODNEJ

Wykonawca:



państwowa służba
geologiczna

państwowa służba
hydrogeologiczna

Państwowy Instytut Geologiczny Państwowy Instytut Badawczy

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa, tel. 22 45 92 000, fax 22 45 92 001, sekretariat@pigi.gov.pl
Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy w Warszawie, XIII Wydział Gospodarczy KRS, Nr 0000122099; NIP PL 5250008040

www.pigi.gov.pl

Temat: „Weryfikacja stanu wiedzy o złożach złota wraz z aktualną oceną perspektyw złożowych”

w ramach Umowy nr 663/2010 - Wn-07/FG – sm – tx/D
z dnia 10 grudnia 2010 r.

Wersja skrócona na stronę internetową

Autorzy:

dr hab. Stanisław Z. Mikulski, prof. nadzw. PIG-PIB
Kierownik tematu
uprawnienia geologiczne II-1270
uprawnienia MŚ 0760

dr hab. Sławomir Oszczepalski, prof. nadzw. PIG-PIB
uprawnienia geologiczne II-020965

dr Andrzej Wojciechowski
uprawnienia geologiczne II-020942 i VIII-0134

Warszawa, październik 2011 r.

SPIS TREŚCI PEŁNEJ WERSJI OPRACOWANIA

Spis map	5
Spis map	5
Spis załączników graficznych	5
1. Wstęp <i>Stanisław Z. Mikulski</i>	7
2. Złoto w Sudetach i na bloku przedsudeckim <i>Stanisław Z. Mikulski</i>	10
2.1. Szczegółowy opis złóż i przejawów mineralizacji złota pierwotnego	11
2.1. 1. Zgorzelec	15
2.1. 2. Lubichów	16
2.1. 3. Konrad i 2.1. 4. Grodziec	16
2.1. 5. Nowy Kościół	17
2.1. 6. Wilków Złotoryjski	20
2.1. 7. Wilcza	21
2.1. 8. Męcinka i 2.1. 10. Chełmiec	21
2.1. 9. Stanisławów	22
2.1. 11. Wielisław Złotoryjski i 2.1. 12. Sędziszowa	22
2.1. 13-2.1. 14. Pławna Dolna i Górna	23
2.1. 15. Golejów	24
2.1. 16. – 2.1. 17. Klecza – Radomice	26
2.1. 18. Nielestno-Pilchowice	32
2.1. 19. Wleń	34
2.1. 20-2.1. 22. Jeżów Sudecki-Dziwiszów-Płoszczyna	35
2.1. 23-2.1. 24. Radomierz-Kaczorów-Mysłów	35
2.1. 25. Radzimowice	36
2.1. 26-2.1. 27. Lipa Jaworska-Grudno	40
2.1. 28. Świecie k/Leśnej	41
2.1. 29. Przecznicza	41
2.1. 30-2.1. 31. Równia pod Śnieżką i Karpacz	42
2.1. 32. Siedlęcín	42
2.1. 33. Kowary	42
2.1. 34. Podgórze	42
2.1. 35. Czarnów	43
2.1. 36. Rędziny	46
2.1. 37. Miedzianka	47
2.1. 38. Wądroże Wielkie	48
2.1. 39. Nasławice	50
2.1. 40. Czarna Góra k/Tapadła	50
2.1. 41. Srebrna Góra	50
2.1. 42. Bardo Śląskie	51
2.1. 43. Książ	54
2.1. 44. Dębowinka	55
2.1. 45. Dańczów	56
2.1. 46. Złoty Stok	57
2.1. 47. Mąkolno	63
2.1. 48. Góra Ptasznik k/Skrzynki	65
2.1. 49. Droszków	67
2.1. 50. Skrzynka	69
2.1. 51. Laski	70
2.1. 52. Kopaliny	71
2.1. 53. Szklary k/Ząbkowic Śląskich	71
2.1. 54. Niecka Śródsudecka	72
2.1. 55. Kobyla Głowa	72
2.1. 56. Boguszów	72
2.1. 57. Sobięcín	73
2.1. 58. Jabłów	73
2.1. 59. Jaskowa Górna	73
2.1. 60. Odrzychowice	74
2.1. 61. Laskówka	74
2.1. 62. Burgrabice	74
2.1. 63. Głuchołazy	75

2.1. 64. Mrokocin	75
2.1. 65. Chałupki	76
2.1. 66. Dziećmorowice	76
2.1. 67. Bogatynia	76
2.1. 68. Chwałków k/Sobótki	77
2.1. 69. Chwałistaw	77
2.1. 70. Szklarska Poręba	77
2.1. 71. Michałowice	78
2.1. 72-2.1. 80. Marysin, Przesieka, Marczyce, Głębock i inne	78
2.1.81. Leszczyniec	79
2.2. Obszary perspektywiczne i hipotetyczne dla pierwotnych złożowych koncentracji żłota w Sudetach i na bloku przedsudeckim <i>Stanisław Z. Mikulski</i>	80
2.2.1. Obszar południowo-kaczawski	82
2.2.2. Obszar wschodniej osłony granitoidu Karkonoszy	86
2.2.3. Obszar kłodzko-żłotostocki	87
2.2.4. Obszar niecki północnosudeckiej	90
2.2.5. Obszar Wądroże Wielkie	91
2.2.6. Obszar hipotetyczny - Głuchołazy	92
Literatura do rozdziału 2.1. i 2.2.	92
2.3. Żłoto okruczowe <i>Andrzej Wojciechowski</i>	105
2.3.1. Sudety	105
Literatura do rozdziału 2.3.1.	106
2.3.1.1. Rejon Suszek	107
Literatura do rozdziału 2.3.1.1.	109
2.3.1.2. Dolina dolnej Oldzy i dolina Rybnika	110
Literatura do rozdziału 2.3.1.2.	110
2.3.1.3. Zlewnia Lubomierki	111
Literatura do rozdziału 2.3.1.3.	111
2.3.1.4. Dolina Bobru k/Dębowego Gaju-Soboty	111
Literatura do rozdziału 2.3.1.4.	112
2.3.2. Blok przedsudecki	113
2.3.2.1. Uliczno	113
Literatura do rozdziału 2.3.2.1.	114
2.4. Żłoto antropogeniczne <i>Andrzej Wojciechowski</i>	115
2.4.1. Sudety	115
2.4.1.1. Kopalnia kruszywa naturalnego Rakowice k/Lwówka Śl.	115
2.4.1.2. Odpady po średniowiecznych robotach górniczych za złotem okruczowym	116
Literatura do rozdziału 2.4.1.1 i 2.4.1.2.	117
2.4.1.3. Szlamy arsenowe dawnej huty As i Au w Żłotym Stoku	118
Literatura do rozdziału 2.4.1.3.	119
2.4.1.4. Żuzle hutnicze ze Żłotego Jaru k/Żłotego Stoku	120
Literatura do rozdziału 2.4.1.4.	120
2.4.2. Blok przedsudecki	121
2.4.2.1. Legnickie Pole-Wądroże Wielkie	121
Literatura do rozdziału 2.4.2.1.	122
Spis dokumentacji geologicznych do rozdz. 2.4.	122
2.5. Ocena perspektyw złożowych na Au okruczowe i antropogeniczne <i>Andrzej Wojciechowski</i>	123
3. Żłoto w utworach kontaktu cechsztynu i czerwonego spągowca - SW Polska <i>Sławomir Oszczepalski</i>	127
3.1. Dotychczasowe wyniki badań	128
3.1.1. Utwory redukcyjne	128
3.1.2. Utwory utlenione	130
3.2. Zakres wykonanych prac	135
3.3. Obszary perspektywiczne	137
3.3.1. Monoklina przedsudecka	138
3.3.1.1. Brzostowo	138
3.3.1.2. Chojnik	139
3.3.1.3. Czarna Wieś	139
3.3.1.4. Grochowice	139
3.3.1.5. Klęka	140

3.3.1.6. Zielona Góra	140
3.3.1.7. Chwaliszew	141
3.3.1.8. Pakosław	141
3.3.1.9. Radziądz	142
3.3.1.10. Wilcze	142
3.3.2. Peryklina Żar	146
3.3.2.1. Dachów	146
3.3.2.2. Dębinka	146
3.3.2.3. Nowa Wieś	146
3.3.3. Niecka Północnosudecka	147
3.3.3.1. Konrad-Wartowice	147
3.3.3.2. Nowy Kościół-Lena	148
3.4. Ocena możliwości zagospodarowania złóż perspektywicznych	149
3.5. Implikacje poszukiwawcze i ograniczenia	151
Literatura do rozdziału 3.	157
Wykaz dokumentacji i opracowań geologicznych do rozdziału 3.	161
4. Złoto w strefie kontaktu bloku małopolskiego z blokiem górnośląskim <i>Stanisław Z. Mikulski</i>	164
4.1. Opis przejawów mineralizacji złota pierwotnego	164
4.1.1. Rejon Dolina Będkowska	164
4.1.2. Rejon Pilica	166
4.1.3. Rejon Myszków	167
4.1.4. Rejon Mysłów	169
4.1.5. Rejon Żarek	171
4.1.6. Rejon Zawiercia	172
4.2. Obszary perspektywiczne	172
4.2.1. Dolina Będkowska	172
4.2.2. Pilica	173
4.2.3. Mysłów	174
4.3. Implikacje poszukiwawcze	174
Literatura do rozdziału 4.	175
5. Złoto w Karpatach <i>Stanisław Z. Mikulski, Andrzej Wojciechowski</i>	177
5.1. Złoto Pierwotne	177
5.1.1. Pieniny	177
5.1.2. Karpaty Fliszowe	178
5.1.3. Tatry Zachodnie	179
5.2. Złoto okruczowe i antropogeniczne w Karpatach	180
5.3. Obszary hipotetyczne	181
Literatura do rozdziału 5.	182
6. Podsumowanie <i>Stanisław Z. Mikulski</i>	184

SPIS MAP

- Mapa 1.** Lokalizacja map wystąpień złota i jego perspektyw złożowych na tle Mapy Geologicznej Polski w skali 1: 1 000 000 (ed. nauk. R. Dadlez, S. Marek, J. Pokorski, 2000).
- Mapa 2.** Mapa wystąpień złota pierwotnego w Sudetach i na bloku przedsudeckim. Skala 1:200 000. Opracował S.Z. Mikulski.
- Mapa 3.** Mapa obszarów perspektywicznych dla złożowych wystąpień złota pierwotnego w Sudetach i na bloku przedsudeckim Skala 1:200 000. Opracował S.Z. Mikulski.
- Mapa 4.** Wystąpienia złota okrucowego i antropogenicznego na tle jednostek strukturalnych Sudetów i bloku przedsudeckiego. Opracował A. Wojciechowski.
- Mapa 5.** Rejony perspektywiczne na złoto okrucowe i antropogeniczne „Lwówek Śląski” – „Bolesławiec – Złotoryja” oraz „Gryfów Śląski” na tle mapy topograficznej. Opracował A. Wojciechowski.
- Mapa 6.** Mapa wystąpień złota (mapa średniej zawartości Au w interwale złotonośnym kontaktu cechsztyń/czerwony spągowiec na obszarze SW Polski. Skala 1:400 000 Opracował S. Oszczepalski.
- Mapa 7.** Mapa obszarów perspektywicznych Au w utworach kontaktu cechsztyń/czerwony spągowiec na obszarze SW Polski. Skala 1:400 000 Opracował S. Oszczepalski.
- Mapa 8.** Mapa wystąpień złota pierwotnego w strefie kontaktu bloku małopolskiego z blokiem górnośląskim. Skala 1:200 000. Opracował S.Z. Mikulski.
- Mapa 9.** Obszary perspektywiczne wystąpień złota pierwotnego w strefie kontaktu bloku małopolskiego z blokiem górnośląskim. Skala 1:200 000. Opracował S.Z. Mikulski.
- Mapa 10.** Mapa wystąpień złota w Karpatach. Skala 1:500 000. Opracował A. Wojciechowski i S.Z. Mikulski.
- Mapa 11.** Mapa perspektyw złożowych wystąpień złota w Karpatach. Skala 1:500 000. Opracował A. Wojciechowski i S.Z. Mikulski.

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW GRAFICZNYCH

- Fig. 1.** Parageneza złoto-hematyt-kowelin z monokliny przedsudeckiej i Sudetów (Fot. 1-2. Kopalnia Polkowice. Foto Piestrzyński, 1996); Fot. 3-4. Zarzucone złożo Au w rejonie Nielestno-Pilchowice. Foto. Mikulski (2007a); Objaśnienia symboli: Hem – hematyt; Au – Złoto rodzime; Cov – kowelin; Po – pirotyn; Asp – arsenopiryt.
- Fig. 2.** Parageneza Au-chalcedon oraz Au-siarczki Cu, Fe, Pb, Zn z Gór Kaczawskich oraz Rudaw Janowickich. Foto S.Z. Mikulski. Objaśnienia symboli: El – elektrum; Chlc – chalcedon; Py – piryt; Asp – arsenopiryt; Chp – chalkopiryt; Sid – syderyt.
- Fig. 3.** Schematyczna lokalizacja sztolni w rejonie górniczym Klecza-Radomice oprac. Mikulski 2007a wg archiwalnych materiałów niemieckich.
- Fig. 4.** Schematyczny przekrój przez sztolnie w rejonie górniczym Klecza-Radomice oprac. Mikulski 2007a wg archiwalnych materiałów niemieckich.
- Fig. 5.** Schematyczny przekrój przez złotonośne żyły kwarcowo-siarczkowe w Kleczy-Radomicach wg Mikulski 2003c i 2007a.
- Fig. 6.** Parageneza Au (submikroskopowe)-siarczki Fe-As z Gór Kaczawskich. Foto Mikulski 2007a.
- Fig. 7.** Parageneza Au (sumikroskopowe)-siarczki Fe-As z Gór Kaczawskich. Foto Mikulski 2007a.
- Fig. 8.** Parageneza Au (mikroskopowe)-kwarc chalcedononowy i/lub kaolinit-piryt/markasyt z Gór Kaczawskich. Foto Mikulski 2007a.
- Fig. 9.** Schematyczna lokalizacja sztolni w rejonie górniczym Pilchowice oprac. Mikulski 2007a wg archiwalnych materiałów niemieckich.
- Fig. 10.** Schematyczny przekrój przez złotonośną żyłę kwarcową w Pilchowicach wg Mikulski, 2007a.
- Fig. 11.** Przekrój geologiczny przez żyły kwarcowo-siarczkowe ze złotem w złożu Au-As-Cu w Radzimowicach/Stara Góra wg Mikulski i in. 1999 oraz na podstawie materiałów archiwalnych.
- Fig. 12.** Parageneza Au (mikroskopowe)-siarczki Cu-Zn-Pb z Gór Kaczawskich. Foto Mikulski 2007a.
- Fig. 13.** Parageneza Au (mikroskopowe)-Te-Bi z Gór Kaczawskich. Foto Mikulski 2007a.

- Fig. 14.** Przekrój przez żyłę kwarcowo-siarczkową ze złotem w Czarnowie wg Kłos 1955a (zmieniony Mikulski 2010).
- Fig. 15.** Parageneza Au (mikroskopowe)-siarczki Cu, Fe, Pb, Zn oraz minerały Bi-Te w złożu w Czarnowie. Foto Mikulski 2010.
- Fig. 16.** Parageneza Au (submikroskopowe)-siarczki Fe, As w złożu w Czarnowie. Foto Mikulski 2010.
- Fig. 17.** Lokalizacja złotoносnych żył kwarcowych na przekroju geologicznym w rejonie Wądroża Wielkiego wg Gawroński 1977.
- Fig. 18.** Parageneza Au (mikroskopowe)-siarczki Cu, Fe, Pb, Zn oraz minerały Bi-Te z Barda Śląskiego. Foto. Mikulski 1998b. Objaśnienia symboli: au – złoto rodzime, el – elektrum; Bi – bizmut rodzimy, Teb – tellurobizmut; Asp – arsenopiryt.
- Fig. 19.** Szkic wyrobisk górniczych na złożu w Złotym Stoku wg Bałdysa 1954.
- Fig. 20.** Schematyczny przekrój przez złoże Au-As w Złotym Stoku wg Mikulski i in., 1999 oraz Bałdys 1954.
- Fig. 21.** Parageneza Au (submikroskopowe)-siarczki Fe, As w złożu w Złotym Stoku (wg Mikulski, Speczik 2008).
- Fig. 22.** Parageneza Au (submikroskopowe)-siarczki Fe, As w złożu w Złotym Stoku (Mikulski, 1996a).
- Fig. 23.** Parageneza Au-kwarc-W (scheelit) na kłodzko-złotostockim masywie granitoidowym (wg Mikulski 2000a).
- Fig. 24.** Przekrój przez Górę Ptasznik z widoczną na SE zboczu żyłą kwacową z scheelitem i złotem (wg Mikulski 2000a).
- Fig. 25.** Parageneza Au - kwarc - W (scheelit) z Góry Ptasznik w Górach Złotych (wg Mikulski 2000a). Objaśnienia symboli: Au – złoto rodzime, Q – kwarc; Sch – scheelite; ty – tytanit.
- Fig. 26.** Profile geologiczne wraz z zawartością złota w otworach wiertniczych z rejonu Szklar wg Michalik i in. 1997.
- Fig. 27.** Profil serii złotoносnej leżącej między Skatą a Suszkami (wg Grodzicki, 1969).
- Fig. 28.** Schematyczny przekrój geologiczny przez trzeciorzędową pokrywę złotoносnych żwirów w rejonie Suszek (wg Wojciechowski 1992b).
- Fig. 29.** Schematyczne poprzeczne przekroje geologiczne przez dolinę Oldzy (wg Rutkowski 1983).
- Fig. 30.** Przekrój geologiczno-morfologiczny przez dolny odcinek doliny Lubomierski w Lubomierzu (wg Wojciechowski 1994).
- Fig. 31.** Przekrój geologiczny przez dolinę Bobru w Pilchowicach (wg Wojciechowski 1991).
- Fig. 32.** Wystąpienie złota rodzimego oraz elektrum w asocjacji z siarczkami metali podstawowych w próbkach z wiercenia DB-4 (głębokość: 584,5 m). Objaśnienia symboli: Au – elektrum lub złoto rodzime; Chl – chloryt; Sf – sfaleryt; Py – piryt; Q – kwarc; Obraz BSE. Foto S.Z. Mikulski.

Załączniki CD

9 płytek CD zawierających wersję cyfrową:

(i) tekst opracowania 186 str (format pdf)

(ii) 11 map (pdf)

(iii) 32 figury graficzne (pdf)

(iv) skróconą wersję tekstu (w pdf) na stronę internetową Ministerstwa Środowiska.

1. WSTĘP

Opracowanie pt. „**Weryfikacja stanu wiedzy o złóżach złota wraz z aktualną oceną perspektyw złóżowych**” wykonano w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym w Zakładzie Geologii Złóż, na zlecenie Ministerstwa Środowiska zgodnie z Umową nr 663/2010/Wn–07/FG–sm–tx/D z dnia 10 grudnia 2010 r. Opracowanie to zrealizowano na podstawie analizy materiałów archiwalnych i publikacji dotyczących złota pierwotnego, okrucowego i antropogenicznego (technogenicznego) z obszaru Polski. Przedmiot opracowania obejmuje następujące obszary w Polsce:

- Dolny Śląsk (w podziale geologicznym: Sudety i Blok Przedsudecki, Monoklina Przedsudecka),
- Małopolska (strefa kontaktu bloku małopolskiego z blokiem górnośląskim),
- Karpaty (Pieniny, Tatry, Karpat fliszowych jednostka dukielska).

Dla każdego rozdziału podano wykorzystaną w opracowaniu literaturę przedmiotu. Przeprowadzona została inwentaryzacja dawnych złóż złota, opisano miejsca dawnej eksploatacji górniczej Au, miejsca wystąpień ze śladami złota w próbkach skał powierzchniowych bądź pochodzących z materiału rdzeniowego. W opracowaniu wykorzystano opisy licznych przejawów mineralizacji Au znanych z literatury jak i z najnowszych prac poszukiwawczych za złotem na w/w obszarach Polski. Najwięcej danych zebrano z Dolnego Śląska obejmującego w sensie geologicznym północno-wschodnią część Masywu Czeskiego, czyli Sudety i Blok Przedsudecki oraz obszar Monokliny Przedsudeckiej.

W ramach opracowania wykonanych zostało 5 map lokalizacji dawnych złóż złota pierwotnego, okrucowego oraz antropogenicznego jak również przejawów mineralizacji Au w kilku obszarach Polski (wg podziału geologicznego Sudety, Blok Przedsudecki, Monoklina Przedsudecka, strefa kontaktu bloku małopolskiego z blokiem górnośląskim oraz Karpaty; Mapy nr 2; 4; 6; 8 i 10). Ponadto, opracowano 5 map obszarów perspektywicznych i/lub hipotetycznych złota dla w/w regionów Polski (mapy nr 3; 5; 7; 9 i 11). Mapy te ze względu na zróżnicowanie powierzchni opracowano w różnych skalach.

W opracowaniu tekstowym przedstawiono szczegółowe opisy punktów wystąpień mineralizacji Au i złóż. Scharakteryzowano główne asocjacje i paragenezy mineralne złota pierwotnego, dla ważniejszych nagromadzeń złota załączono schematyczne przekroje geologiczne. Ponadto typowe tekstury i struktury wystąpień złota pierwotnego zilustrowano dokumentacją mikro- i fotograficzną.

Dla najważniejszych złóż złota opracowano krótki zarys historii ich eksploatacji. Dla każdego z rozdziałów opisujących punkty z wystąpieniami złota zestawiono wykaz prac publikowanych oraz opracowań archiwalnych. Dla obszarów perspektywicznych dla złóżowych koncentracji złota opracowano, oprócz map, również szczegółowe opisy w tekście. Tam, gdzie było to możliwe, zasoby perspektywiczne i/lub hipotetyczne zestawiono dodatkowo w formie tabelarycznej. Kryteria określenia zasobów perspektywicznych i/lub hipotetycznych przyjęto zgodnie z Zasadami określania zasobów perspektywicznych kopalni (wg Smakowski, Szamałek 2011). „*Złóża/obszary hipotetyczne (kategorii E) określa się wyłącznie na podstawie przesłanek geologicznych, pośrednich i bezpośrednich, np. dla różnych typów złóż rud metali w wydzielonych jednostkach geostrukturalnych lub formacjach skalnych. Z kolei złóża/obszary perspektywiczne (kategorii D₂) typuje się na podstawie oznak występowania złóż, anomalii geochemicznych i geofizycznych bądź*

petrograficznych lub mineralogicznych wskaźników występowania kopalin” (Smakowski, Szamałek, 2011). Jednak jak podkreślają autorzy „dla wielu rodzajów kopalin i wyróżnionych dla nich typów złóż nie można oszacować wielkości zasobów perspektywicznych, bowiem stwierdzone oznaki nie definiują dobrze podstawowych parametrów geologiczno-górnicych, jak miąższość, powierzchnia etc.”(op. cit.).

Obowiązujące kryteria bilansowości dla pierwotnych (żyłowych, skarnowych, stratoidalnych) i okrucowych złóż złota są zawarte w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 18 grudnia 2001 r.

Tabela 1. Kryteria bilansowości dla złóż pierwotnych złota (żyłowe, skarnowe, stratoidalne) w Polsce (wg Rozp. Min. Środ. z 18.12.2001 r.)

Złóża złota (pierwotne: żyłowe, skarnowe, stratoidalne)			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1.	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	1250
2.	Minimalna średnia ważona zawartość złota (Au) w profilu złoża wraz z przerostami, a w przypadku obecności miedzi, której średnia zawartość w profilu złoża jest większa od 0,5%, minimalna średnia ważona zawartość ekwiwalentna złota (Au) z uwzględnieniem zawartości miedzi (Cu) i srebra (Ag) $Au_e = (g/t Au) + 2 (\% Cu) + 0,01 (g/t Ag)$	g/t	2,5
3.	Minimalna zasobność złoża (Au), w przypadku obecności miedzi, której średnia zawartość w profilu złoża jest większa od 0,5% (Au _e)	g/m ²	5

Tabela 2. Kryteria bilansowości dla złóż złota (okrucowe) w Polsce (wg Rozp. Min. Środ. z 18.12.2001r.)

Złóża złota (okrucowe)			
Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeźna
1.	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	50
2.	Minimalna średnia ważona zawartość złota (Au) w profilu złoża wraz z przerostami	g/m ³	0,5
3.	Minimalna zasobność złoża (Au)	g/m ²	5

W Polsce nie ma udokumentowanych złóż złota pierwotnego ani okrucowego. Zasoby bilansowe złota udokumentowane zostały, w 1954 jako kopaliny współwystępującej w złożu arsenu w Złotym Stoku na Dolnym Śląsku. Złożo to zamknięto w 1960 r., a pozostałe w złożu zasoby wynoszą około 0,537 mln Mg rudy arsenowej zawierającej około 1500 kg Au i 19,6 tys. Mg As przy brzeźnych koncentracjach arsenu 3,6% oraz złota 2,8 ppm (BZKiWPP, 2010).

W ramach opracowania niewykonane zostały żadne dodatkowe prace geologiczne w terenie czy prace laboratoryjne.

2.2. OBSZARY PERSPEKTYWICZNE I HIPOTETYCZNE DLA PIERWOTNYCH ZŁOŻOWYCH KONCENTRACJI ZŁOTA W SUDETACH I NA BLOKU PRZEDSUDECKIM

Przeprowadzona w ramach realizacji tematu analiza materiałów przedstawionych w rozdziale 2.1. umożliwiła wskazanie obszarów perspektywicznych dla złóżowych koncentracji złota pierwotnego w zasadzie dla obszaru Sudetów a w przypadku bloku przedsudeckiego tylko dla rejonu Wądroża Wielkiego. Blok przedsudecki, ze względu na przykrycie osadami kenozoiku podłoża krystalicznego, jest słabo rozpoznany pod kątem złóżowym. Szczególnie gdy głównym typem złóż dla tego rejonu mogą być żyłowe złoża złota, które lokalizują się w wąskich strefach, co w przypadku grubej pokrywy skał kenozoicznych (miąższość 50-250 m) dodatkowo komplikuje ich identyfikację. Z kolei w obszarze Sudetów rozpoznanie znanych wystąpień złóżowych złota jest lepsze, ale nierównomierne i w wielu obszarach wymaga przeprowadzenia nowoczesnych prac prospekcyjnych (geochemicznych, geofizycznych i wiertniczych). W opracowaniu tego rozdziału wykorzystano również materiały przedstawione przez Mikulskiego i in. (2011) w aktualnie opublikowanym Bilansie Perspektywicznych Zasobów Polski (wg stanu na 31 XII 2009 r.). Za obszar perspektywiczny autor rozumie występowanie w nim złotonośnych mineralizacji w typowym dla różnych typów złóż środowisku geologiczno-tektonicznym oraz w charakterystycznej formie i paragenezie mineralnej, gdzie zawartości złota w analizowanych próbkach okruszczowanych skał są na poziomie $>2,5$ ppm Au. Dla oszacowania zasobów perspektywicznych w przedstawionych poniżej rejonach Sudetów uwzględniono dane archiwalne z zarzuconych złóż złota oraz założono odpowiednie modele ilościowe złóż złota według Coxa i Singera (1986) z modyfikacjami według Paulo i Smakowskiej (2000). Dane dla obszaru Sudetów i bloku przedsudeckiego przedstawiono w tabeli nr 5. Należy jednak zaznaczyć, że te klasyczne już modele ilościowe złóż rud złota według Coxa i Singera (1986) były opracowane ponad 25 lat temu i nie uwzględniają najnowszych podziałów genetycznych złóż złota, m.in. złóż orogenicznych złota (Groves i in. 1998), czy podziału epitermalnych złóż żyłowych na złoża nisko- i wysoko-siarczkowe (tzw. epithermal Au veins of low-sulfidation and high-sulfidation types; Hedenquist i in. 2000).

Na obecnym etapie rozpoznania za najbardziej perspektywiczne dla złóżowych koncentracji złota w Sudetach uznano:

- strefy kontaktowo-metasomatyczne wokół waryscyjskich intruzji granitoidowych i porfirowych
- zmetamorfizowane osadowe i wulkaniczne (bimodalne - bazaltowo-andezytowe) formacje paleozoiczne
- piaskowcowo-ilaste osady z pogranicza czerwonego spągowca i cechsztynu.

Uwzględniając powyższy wybór za najbardziej perspektywiczne dla złóżowych nagromadzeń złota pierwotnego w Sudetach oraz na bloku przedsudeckim uznano następujące obszary (Mapa 3):

- (1) południowo-kaczawski
- (2) wschodnia osłona granitoidu Karkonoszy
- (3) kłodzko-złotostocki
- (4) niecka północnosudecka
- (5) Wądroże Wielkie

Za hipotetyczny dla złóżowych nagromadzeń złota pierwotnego w Sudetach uznano obszar (Mapa 3):

- (1) Głuchołazy

Tabela 5. Aplikacja modeli ilościowych złóż rud złota (wg Coxa i Singera, 1986; z modyfikacjami wg Paulo, Smakowska, 2000; Au-skarn wg Theodore i in. 1991) dla obszarów perspektywicznych i hipotetycznych w Sudetach i na Bloku przedsudeckim

Obszar perspektywiczny		Aplikacja modelu ilościowego złóż rud złota		
Nazwa	Dawna kopalnia [wydobyte Au w Mg]	Typ złoże	Zasoby rudy (mediana) [mln Mg]	Zakres zawartości Au (mediana) [ppm]
(1) południowo-kaczawski	Klecza-Radomice (2-3?) Radzimowice (2-4?)	(i) żyły kwarcowo-złote	0,001-20 (0,03)	6-40 (16)
		(ii) żyły polimetaliczne	0,1-100 (0,2)	0,2-11 (1)
		(iii) żyły złoto-srebrne (podtyp Comstok)	0,1-20 (0,8)	2-27 (7,5)
(2) wschodnia osłona granitoidu Karkonoszy	Czarnów (0,2-0,3?) Miedzianka (>0,1)	(i) żyły polimetaliczne	0,1-100 (0,2)	0,2-2 (1)
		(ii) złoże metasomatyczne, skarny	1-30 (5)	1-8 (2,5)
(3) kłodzko-złotostocki	Złoty Stok (14,5-16?) Dębówka (?)	(i) Au skarn;	0,04-25 (0,3)	1-6 (3,7)
		(ii) kontaktowo-metasomatyczne	2-30 (5)	1-7 (2,5)
(4) niecka północnosudecka	Nowy Kościół (?)	stratoidalne lub sediment-hosted Au deposits	1-100 (6)	1-6 (2,3)
(5) Wądroże Wielkie	Wądroże Wielkie (?)	żyły kwarcowo-złote	0,001-20 (0,03)	4-40 (16)
Obszar hipotetyczny		Aplikacja modelu ilościowego złóż rud złota		
Nazwa	Dawna kopalnia [wydobyte Au w Mg]	Typ złoże	Zasoby rudy (mediana) [mln Mg]	Zakres zawartości Au (mediana) [ppm]
(1) Głuchołazy	b.d.	(i) żyły kwarcowo-złote	0,001-20 (0,03)	4-40 (16)
		(ii) ekshalacyjno-osadowe	0,1-100 (1,5)	0,05-4 (0,16)

b.d. - brak danych

2.2.1. Obszar południowo-kaczawski

Cały pas wystąpień skatylazowanych łupków paleozoicznych w południowej części struktury kaczawskiej jest silnie złotonośny (Mikulski, 2007a). Rozciąga się on równoleżnikowo pasem o szerokości ok. 10 km i długości ok. 50 km (Mapa 3). Najważniejszymi są porzucone złoże złota w rejonach (od zachodu na wschód):

Pławna Górna-Pławna Dolna-Mieleńce-Lubomierz, Golejów-Radomice-Klecza-Nielestno-Pilchowice oraz Wielisław Złotoryjski, Radzimowice i Grudno. Złoże tego rejonu były przedmiotem eksploatacji górniczej w okresie od średniowiecza do lat 30-tych ubiegłego stulecia (Dziekoński, 1972). Wydobycie złota z tego rejonu jest trudne do oszacowania ponieważ brak jest szczegółowych danych, jednak najprawdopodobniej nie przekroczyło 4-7 Mg Au (Tabela 5). Obecnie złoże te, pod względem genetycznym, zostały zaklasyfikowane do typu orogenicznego złóż żyłowych złota ponieważ pozycja rud złotonośnych jest silnie strukturalnie związana z tektoniką i litologią otoczenia - układają się one najczęściej zgodnie

z przebiegiem granic litologicznych oraz przebiegiem powierzchni osiowych fałdów (NW–SE; Mikulski, 2003c). Opracowany model mineralizacji dla południowo-kaczawskiej strefy złotonośnej zakłada istnienie hydrotermalnych systemów pomagmowo-metamorficznych w czasie od górnego karbonu do dolnego permu, które były silnie związane z rozwojem kolejnych regionalnych i lokalnych stref tektonicznych (Mikulski, 2007a).

Złoża Au z tego regionu były eksploatowane do głębokości maks. ok. 200 m, a ich skomplikowana budowa geologiczna (prawie pionowe zaleganie żył oraz uskoki poprzeczne) oraz trudne warunki hydrogeologiczne spowodowały, że tylko część głównie płytko zalegających złotonośnych rud siarczkowych została z nich wydobyta. Szczególnie w rejonie Pławnej oraz Kleczy (Mikulski, 2007a). Żyłowe złoża złota sięgają zwykle do 200-300 m, głębokości, a gdy długość żył wynosi wiele kilometrów mogą występować nawet do głębokości 1-2 km (Paulo, Smakowska, 2000). Pojedyncze złoża są małe, lecz występują grupowo w regionalnych strukturach geologiczno-tektonicznych tworząc liczne pola rudne i prowincje. Obszar południowo-kaczawski wykazuje wiele cech typowych dla tego typu złotonośnych prowincji. Zasoby złota w takich prowincjach mogą wynosić od kilku do kilkuset Mg Au (Cox, Singer, 1986).

Zasoby perspektywiczne Au, w rejonie Golejów-Klecza-Radomice-Nielestno, ze względu na brak rozpoznania wgłębnego zasięgu większości żył kwarcowo-siarczkowych są trudne do dokładnego określenia. Pojedyncze żyły rudne w tym rejonie miały zróżnicowane zasoby złota prawdopodobnie od kilkudziesięciu do kilkuset kg (Tabela 6). Brak jest jednak dokładnych danych odnośnie całkowitej wielkości wydobycia złota w tym rejonie. W tego typu żyłowych złożach złota mogą występować różne systemy żył i rozległe pola rudne, w których zasoby złota mogą być od kilkudziesięciu kg do kilkunastu ton. Złoża typu żyłowego dostarczają ok. 40% światowej produkcji złota, a ich zasoby szacowane są na 0,001 do 20 mln Mg rud siarczkowych przy zawartości Au w rudzie od 4 do 40 ppm (Paulo, Smakowska, 2000). W sumie mogą one dostarczyć nawet >100 Mg Au. W tabeli nr 6 przedstawiono szacunkowe zasoby perspektywiczne złota dla rejonu Kleczy-Radomice przy założeniu różnych wielkości parametrów geometrycznych żył według dawnych raportów oraz przy średniej zawartości złota -10 ppm. W sumie zasoby perspektywiczne w tym rejonie przy założeniu odkrycia 5 żył o długości od 100 do 200 m, średniej miąższości 0,5 m, głębokości zalegania po biegu 100-200 mogą wynosić od 0,675 do 2,7 Mg Au (Tabela 6).

Dawny rejon złożowy Radzimowice leży 4 km na E od Wojcieszowa we wschodniej części struktury kaczawskiej w obrębie jednostki Bolkowa. Z żył kwarcowo-siarczkowych uzyskiwano Cu, Ag oraz Au. Według różnych szacunków (Tabela 5) prawdopodobnie odzyskano od 2 do 4 Mg Au, przy czym najwięcej złota pochodziło z żyły Wanda (ok. 0,5-0,8 Mg; Tabela 6), gdyż była ona najbogatsza w złoto (średnio ok. 18 ppm). Obecnie rejon złoża jest przedmiotem koncesji poszukiwawczej za rudami polimetalicznymi ze złotem, przyznanej firmie australijskiej. Biorąc pod uwagę dane archiwalne odnośnie wymiarów żył rudonośnych i średniej zawartości w nich złota, w tabeli nr 6 oszacowano zasoby perspektywiczne złota w dawnym złożu Radzimowice. W przypadku odkrycia 5 nowych lub przedłużenia znanych żył o 300-500 m po biegu, przy założeniu ich średniej miąższości 0,2 m, głębokości zalegania 250 m i średniej zawartości Au - 10 ppm, można spodziewać się zasobów perspektywicznych złota w ilości od 2,53 do 4,22 Mg Au (Tabela 6). Jak wykazują zarówno wyniki starszych prac geofizycznych (Lindner, 1964) i geochemicznych (Pendias, 1965) oraz najnowsze wyniki prac geofizycznych - widoczne jest wyraźne przedłużanie się kilku znanych żył po biegu jak i po upadzie oraz pojawienie się żył nowych, (Mikulski, 2007a; materiały niepublikowane).

Tabela 6. Szacunkowe zasoby złota w kilku reprezentatywnych i eksploatowanych żyłach oraz w wydzielonych obszarach perspektywicznych w Sudetach

Dawny region górniczy / nazwa żyły	Długość żyły [m]	Średnia Miąższość [m]	Średnia zawartość/źródło informacji [ppm]	Głęb. żyły po biegu [m]	Zasoby Au [kg]
Klecza/Wilhelm (2 żyły główne)	100	0,25	13,3 /Krusch 1907 40 /Grimming 1933	100	89,8* 270,0
Radomice/Cecylia (2 żyły główne)	120	0,25	16 / Grimming 1933 12 /Krusch 1907	100	129,6 97,2
Klecza-Radomice/ Augusta	150	1,5	8 /Grimming 1933 5,8 / Krusch 1907	100	486 352,4
Golejów/Dennych-Glückauf (2 żyły główne)	150	0,3	2,4 /Domaszewska 1965	100	29,16
Pilchowice/Max Arendt	120	1,5	30 /Grimming 1933	100	1458,0
Obszar perspektywiczny - nowa żyła i/lub przedłużenie znanej żyły dla n=1 i w nawiasie dla (n=5)	100	0,5	10	100	135 (675)
	150	0,5	10	150	303,7(1519)
	200	0,5	10	200	540 (2700)
Radzimowice /Wanda	320	0,14	18/Fedak, Lindner 1966 27/Beyschlag i in.1921	250	544,3 816,5
Radzimowice/Pocieszenie Górnika	2000	0,25	1/Beyschlag i in.1921	250	364,5
Radzimowice/Olga I i II	300	0,25	3/Stauffacher 1915	250	151,9
Radzimowice/ Maria	300	0,2	16/Beyschlag i in.1921	250	648
Radzimowice/ Aleksandra	320	0,16	5/Manecki 1965	250	172,8
Radzimowice/Klara	200	0,6	17/Manecki 1965	250	137,7
Obszar perspektywiczny - nowa żyła i/lub przedłużenie znanej żyły dla n=1 i w nawiasie dla (n=5)	300	0,2	10	250	506,3 (2531,3)
	500	0,2	10	250	843,8 (4218,8)
Czarnów	600	0,4	2	300	324
Obszar perspektywiczny - nowa żyła i/lub przedłużenie znanej żyły dla n=1	400	0,4	2	300	216
	400	0,4	4	300	432

*cięż. własc. 2,7 g/cm³

Ponadto perspektywiczne zasoby złota występują ok. 2 km na wschód od złoża w Radzimowicach, w Lipie i Grudnie gdzie stwierdzono kilka żył rudnych z mineralizacją siarczkową (Paulo, Salamon, 1973b) wraz ze złotem (Mikulski, 2007a) oraz żyły z hematytem i śladami złota (ok. 0,6 ppm; Mikulski 1999c). Zaleganie tych żył, zawartość metali jak i paragenezy mineralne wskazują, iż to okruszcowanie należy do rejonu złożowego Radzimowic, co wyraźnie sugeruje na przedłużenie strefy rudnej Radzimowic o 2 km na wschód od dawnego obszaru górniczego. Dlatego można oczekiwać w tym rejonie kilku zakrytych żył siarczkowych ze złotem o zasobach co najmniej kilkuset kg. Zasoby hipotetyczne w rejonie Lipa-Grudno mogą wynosić 1-2 Mg Au.

Ponadto, perspektywiczny jest rejon dawnego złoża w okolicy Pławnej Górnej i Dolnej. Zasoby perspektywiczne złota są jeszcze trudniejsze do oszacowania, ze względu na fakt, że maksymalna głębokość eksploatacji osiągnęła tu zaledwie 18 m i żyły były prawie pionowe. Jednak przez analogię z innymi żyłowymi złożami Au w tym regionie, można spodziewać się kontynuacji złotonośnych żył po biegu i upadzie przynajmniej do ok. 100-200 m poniżej powierzchni. Rejon Pławnej zaklasyfikowano również do złóż żyłowych złota o zasobach perspektywicznych co najmniej kilkaset kg i zasobach hipotetycznych od 2-3 Mg Au.

W obszarze południowo-kaczawskim można spodziewać się zasobów perspektywicznych złota nie tylko w obrębie starych obszarów kopalnictwa złota, ale również pomiędzy tymi obszarami, gdzie żyły złotonośne nie wychodzą na powierzchnię. Złotonośne żyły, przy braku wychodni, są jednak trudne do lokalizacji. Pomimo iż pojedyncze żyły zawierają ograniczone zasoby złota (zwykle kilkadziesiąt lub kilkaset kg przy zmiennej zawartości Au od kilku do kilkunastu ppm i różnych wymiarach) są współcześnie obiektem poszukiwań głównie ze względu na ich liczne występowanie w obszarach wystąpień sfałdowanych i słabo zmetamorfizowanych łupków (grafitowych i/lub zieleńcowych) będących obiektem penetracji przez pomagmowo-metamorficzne roztwory hydrotermalne.

Południowa strefa kaczawska jest obszarem perspektywicznym, który powinien być przedmiotem nowoczesnych prac poszukiwawczych z wykorzystaniem metod geofizycznych oraz płytkich wierceń. Szacunkowe zasoby perspektywiczne dla Radzimowic oraz Kleczy-Radomic oszacowano od 3,2 - 6,9 Mg Au, a dla Pławna i Lipy-Grudna ok. 1 Mg Au (Tabela 6). W sumie dla obszaru południowo-kaczawskiego zasoby perspektywiczne złota wynoszą od 4,2 do 7,9 Mg Au. Ponadto, ważnym jest fakt, że ten typ genetyczny mineralizacji - żyły złotonośne oprócz złota zawierają również stosunkowo wysokie koncentracje srebra (np. w Radzimowicach 100-400 ppm) oraz innych metali takich jak np. miedź, cynk, ołów, bizmut czy kobalt, które podnoszą wartość ewentualnych złóż.

Pewnym ograniczeniem w zakresie prospekcji mogą być uwarunkowania środowiskowe w obszarach objętych programem Natura 2000. Jednak ważnym jest fakt, że żyły złotonośne zajmują niewielki obszar i z reguły są eksploatowane wyrobiskami podziemnymi, dlatego eksploatacja nie wymaga dużych powierzchni dla obszarów górniczych.

2.2.2. Obszar wschodniej osłony granitoidu Karkonoszy

We wschodniej osłonie metamorficznej granitoidu Karkonoszy w Rudawach Janowickich, na odcinku od Czarnowa do Miedzianki, w strefie o długości ok. 10 km i szerokości 1-2 km (Mapa 3) można spodziewać się perspektywicznych zasobów złota związanych z wystąpieniem złota drobnodyspersyjnego w tzw. trudnowzbogacalnych rudach siarczkowych w obrębie niewielkich złóż żyłowych oraz złóż kontaktowo-metasomatycznych (skarny) o zasobach złota w ilości do kilku Mg Au (Cox, Singer, 1986). W tym rejonie rudy siarczkowe-arsenopirytowe, pirytowe, chalkopirytowe i pirotynowe zawierają złoto głównie na poziomie 1-4 ppm, a sporadycznie do 5-10 ppm.

W obszarze tym zlokalizowane jest porzucone złożo Czarnów, w którym średnia zawartość arsenu w rudzie arsenopirytowej wynosiła ok. 8,5%, a dodatkowo towarzyszyły mu złoto (2-4 ppm) oraz w rudach polimetalicznych srebro (60-80 ppm) i antymon, a w rudach kasyterytowych również cyna. Po drugiej wojnie światowej w złożu oszacowane zostały zasoby bilansowe w kat. C₂, które wynoszą ok. 20,5 tys. Mg rudy arsenopirytowej przy średniej zawartości As ok. 10,2 % (Kłos, 1955a). Rudom siarczkowym towarzyszy złoto w ilościach od śladów do kilkunastu ppm przy jego średniej zawartości ok. 1 ppm dla rud

arsenopirytowych (Mikulski, 2010). Zasoby prognostyczne w złożu Czarnów Au wynoszą ok. 20-50 kg Au. Złoże to zbudowane jest ze zmiennie okruszczonej siarczkami żyły kwarcowej. Ta złotonośna żyła kwarcowa z siarczkami była udokumentowana po biegu na długości ok. 0,5 km i prześlędzona została >250 m po upadzie. Jest ona pocięta przez uskoki poprzeczne, które zaburzają jej bieg i przesuwiają ją na odległość kilku metrów wzdłuż kierunku NW-SE. Istnieją realne przesłanki na niewielki wzrost zasobów perspektywicznych złota i innych metali (Ag, Cu, Pb) ponieważ współczesne badania geofizyczne wskazują na możliwość przedłużania się znanej żyły o co najmniej kilkaset metrów (400 m) po jej biegu i upadzie (Mikulski, Speczik, 2010). Ponadto, można oczekiwać wystąpień złota w rudach siarczkowych zalegających w żyłach kwarcowej (o biegu NE-SW) również i na odcinku pomiędzy Czarnowem a Rędzinami w strefie o szerokości 1-2 km i długości do 1 km wzdłuż wschodniego kontaktu granitoidów Karkonoszy. Ze względu na zawartości Au w rudach siarczkowych (1-4 ppm; Mikulski, 2010) zasoby perspektywiczne rejonu złoża Czarnów można oszacować na co najmniej kilkaset kg (Tabela 6).

O perspektywiczności całej strefy wzdłuż kontaktu z granitoidem karkonoskim wskazują udokumentowane ostatnio odosobnione przejawy z mineralizacją złotonośną rozpoznane m.in. w żyłowym złożu w Miedziance (Mikulski, 1999a), w otworze z okolic Janowic Wielkich (Wojciechowski, 2000b), czy w kamieniołomie dolomitów w Rędzinach (Mikulski, 2006; Pieczka i in. 2009; 2011). W Miedziance najwyższe zawartości złota stwierdzono w próbkach rudy arsenopirytowo-chalkopirytowej (maks. do 5,5 ppm Au; Mikulski, 2007d). Raport kopalniany o wielkości wydobycia ze złoża rudy arsenopirytowej wskazuje na odzysk ok. 100 kg Au. W kamieniołomie w Rędzinach złoto również współwystępuje z arsenopirytem w ilościach do 3 ppm Au (średnia arytmetyczna <0,3 ppm Au; n=10). Zasoby perspektywiczne złota dla obszaru wschodniej osłony metamorficznej są na obecnym etapie rozpoznania trudne do określenia. Zasoby perspektywiczne dla rejonu złoża Czarnów mogą być zróżnicowane w zakresie od 0,2 do 0,4 Mg Au), a zasoby hipotetyczne we wschodniej osłonie metamorficznej do kilku ton Au.

Istotnym ograniczeniem poszukiwań są aspekty ochrony środowiska, ponieważ obszar górski Rudawy Janowickich stanowi rezerwat przyrody.

2.2.3. Obszar kłodzko-złotostocki

W północnej części masywu kłodzko-złotostockiego wzdłuż jego kontaktu ze skałami metamorficznymi zarówno po stronie wschodniej jak i zachodniej można spodziewać się wystąpień złóż złota typu kontaktowo-metasomatycznego i/lub żyłowego w skałach paleozoicznych (Mapa 3). Północna część masywu granitoidowego obcięta jest przez uskoki sudecki brzeżny i przykryta osadami kenozoiku. Strefa ta na obszarze bloku przedsudeckiego również może być perspektywiczna dla wystąpień złóż złota występujących w skałach paleozoicznych pod przykryciem utworów kenozoiku (ok. 200 m). Hipotetyczny obszar dla wystąpień złóż złota rozciąga się w północnej części masywu wzdłuż przebiegu uskoku sudeckiego brzeżnego (NW-SE) na długości ok. 15 km i szerokości ok. 5-7 km. Poszczególne żyłowe złoże Au, o hipotetycznych zasobach do kilku Mg, mogą być związane ze strefami tektonicznymi o kierunku NW-SE, a złoże kontaktowo-metasomatyczne z obecnością niewielkich wkładek skał węglanowych (skarny) lub piaskowcowych (berezity) mogą zalegać wokół intruzji granitoidowej po jej wschodniej oraz północno-zachodniej stronie. Można oczekiwać wystąpień złota głównie w obrębie rud siarczkowych jako złota drobnodispersyjnego w arsenopirycie i/lub pirycie oraz w mniejszym stopniu w postaci własnych minerałów (złoto rodzime, elektrum) jako wrostki w siarczkach (1-5 μ m średnicy)

lub samodzielnych drobnoziarnistych wydzielen ($<10-50 \mu\text{m}$ średnicy). Model ilościowy złoża skarnowego Fe (magnetyt-pirotyn) zakłada zasoby rudy Fe głównie w ilości od 0,4 do 6,3 mln Mg i zawartości Fe od 36 do 50% (Cox, Singer, 1986). Z kolei zasoby skarnów arsenowych mogą być podobne, ale ze względu na obecność złota (3-30 ppm Au) są bardziej interesujące. Skarny złotonośne, z których złoto jest odzyskiwane jako produkt uboczny przy odzysku głównie miedzi, zawierają ok. 3,7 ppm Au (mediana), a ich zasoby (mediana) wynoszą ok. 0,33 mln Mg rud (Theodore i in. 1991).

W regionie tym występuje zarzucona kopalnia złota w Złotym Stoku, która była największą kopalnią złota w Sudetach. Uzyskano w niej $>14,5$ Mg złota. Eksploatowane do 1960 r., skarnowe złożo położone jest w obrębie strefy tektonicznej Złoty Stok-Skrzynka wzdłuż kontaktu z górnokarbońską intruzją granitoidów kłodzko-złotostockich. W złożu występują głównie rudy arsenopirytyowo-löllingitowe w postaci impregnacji w czarnych serpentynitach, skałach diopsydowo-tremolitowych oraz rudy magnetytowo-pirotynowe w wapieniach dolomitycznych (Kowalski 1969; Mikulski, Speczik, 2008). Najbardziej okruszczone były czarne serpentynity, w których zawartość złota wynosiła do 40 ppm. Po II wojnie światowej eksploatowane rudy arsenowe zawierały ok. 2,8 ppm Au (Bałdys, 1954). Po uwzględnieniu wydobycia do 1960 r., zasoby rudy arsenowej w złożu Złoty Stok wynoszą jeszcze ok. 20 tys. Mg arsenu i ok. 1,5 Mg złota. Prowadzone przez PIG-PIB w latach 90-tych ubiegłego stulecia prace geologiczno-poszukiwawcze wykazały możliwość kontynuacji mineralizacji złotonośnej zarówno w kierunku na północ jak i na południe od starych rejonów górniczych (Mikulski, 1994; Mikulski, 1995a). W rejonie pomiędzy Droszkowem a Skrzynką wzdłuż kontaktu z intruzją granitoidową zidentyfikowano szereg pojedynczych punktów z mineralizacją arsenową zawierającą złoto na poziomie do kilkuset ppb. Dodatkowo w rejonie Droszkowa rozpoznano silną anomalię arsenową w podglebiu wskazującą na obecność mineralizacji arsenowej w podłożu (Mikulski, 1995a; 2000a). Zasoby perspektywiczne można szacować tu na $>0,3$ Mg Au.

W rejonie makroenkławy Ptasznika zlokalizowanej zaledwie ok. 3 km na SW od Złotego Stoku oraz w pojedynczych próbkach żył kwarcowych w obrębie granitoidów porfirowych w rejonie Jaszkowej i Droszkowa odkryto w żyłkach kwarcowo±skaleniowych oraz w formie impregnacji na powierzchniach spękań amfibolitów i granitoidów mineralizację scheelitowo-tytanitowo-siarczkowo-złotonośną (Mikulski, 2000). Otrzymane rezultaty analiz chemicznych złota w scheelitonośnych żyłach kwarcowych z omawianego rejonu wykazały dużą rozbieżność wyników (od śladów do ok. 18 ppm), wynikającą z naturalnej niejednorodności wystąpień złota w żyłach kwarcowych. Mineralizacja ta ma cechy wspólne z mineralizacją złotonośną w żyłach kwarcowo-scheelitowych w złożu Mokrsko (zasoby udokumentowane ok. 120 Mg Au) zlokalizowanym na południe od Pragi w Czechach. Jednak obszar okruszczenia w rejonie makroenkławy Ptasznika ma niewielkie rozmiary i jest silnie zerodowany. Zasoby perspektywiczne w tym rejonie można oszacować na kilka kg Au.

W wyniku podjętych przez PIG-PIB w końcu lat 90-tych ubiegłego stulecia ograniczonych prac poszukiwawczo-badawczych udokumentowano złotonośną mineralizację również wzdłuż zachodniego kontaktu intruzji kłodzko-złotostockiej ze skałami jednostki bardzkiej (Mikulski, 1998b,c). Do najciekawszych odkryć należy zaliczyć znalezione w rejonie Barda Śląskiego kontaktowo-metasomatyczne okruszczenie z mineralizacją siarczkową o średniej koncentracji Au w próbkach z mineralizacją arsenopirytową ok. 4 ppm (Mikulski, 1998c). Zasoby perspektywicznych złota w rejonie Barda Śl. oszacowano na ok. 200 kg, a zasoby hipotetyczne ok. 1,2 Mg Au (patrz str. 54). Ponadto złotonośną mineralizację stwierdzono również w berytach z okolic Dębówinki w środkowo-zachodniej części jednostki strukturalnej Gór Bardzkich. Złoto występuje tu najczęściej w ilości ok. 0,2–0,5 ppm i związane jest z wystąpieniami siarczków reprezentowanych głównie przez piryty,

sfaleryt i antymonit. Wykonane w rejonie Dębowinki zdjęcie geochemiczne wykazało anomalne zawartości As, Zn, Cu i Pb wskazujące na obecność mineralizacji kruszcowej w podłożu glin stokowo-wietrzniowych wokół wystąpień mikrodiorytów (Mikulski, 1998b). Według szacunków przedstawionych w rozdz. 2.1.44. zasoby perspektywiczne złota wyliczono na ok. 134,4-403,2 kg, a zasoby hipotetyczne na >1,5 Mg Au.

Odkrycie złotonośnej mineralizacji w strefie kontaktowej apofizy tonalitów Grańca-Barda Ś. oraz mikrodiorytów z Dębowinki ma istotne znaczenie poszukiwawcze, ponieważ jest dowodem na rozwój złotonośnych procesów złożotwórczych również po stronie zachodniej intruzji kłodzko-złotostockiej, a nie tylko w rejonie Złotego Stoku. Stwarza to realne szanse na występowanie złożowych koncentracji złota (na poziomie kilku ppm Au) współwystępującego z siarczkami również w tym rejonie Sudetów. Obszar perspektywiczny dla uformowania się złóż Au wyznacza tu strefa o szerokości ok. 1-2 km i długości ok. 5 km wzdłuż północno-zachodniego i zachodniego kontaktu intruzji kłodzko-złotostockiej ze skałami metaosadowymi Gór Bardzkich. Oszacowane dla tego rejonu zasoby perspektywiczne wynoszą ok. 400 kg Au, a zasoby hipotetyczne >2,6 Mg Au. Zasoby hipotetyczne mogą wynosić nawet kilka Mg Au.

Znacznie trudniej jest oszacować możliwe zasoby Au na bloku przedsudeckim w strefach ścinanń po całej północnej stronie uskoku sudeckiego brzeżnego wzdłuż kłodzko-złotostockiej intruzji granitoidowej. Zdjęcie grawimetryczne i magnetyczne wykonane w rejonie na północ od Złotego Stoku wskazuje na obecność skał granitoidowych pod nakładem utworów kenozoicznych. Zasoby hipotetyczne Au wzdłuż zrzuconej (północnej) części w rejonie Złotego Stoku mogą wynosić od kilkudziesięciu do kilkaset kg Au. Jednak ich wydobycie ze względu na usytuowanie pod miastem jest obecnie niemożliwe.

Podsumowując, w całym obszarze kłodzko-złotostockim zasoby hipotetyczne złota można szacować na >5 Mg. Jednak obszar perspektywiczny dla złóż Au w rejonie na SW od Złotego Stoku zlokalizowany jest w obrębie Gór Złotych zaliczanych do otuliny Śnieżnickiego Parku Krajobrazowego. Dlatego ewentualne poszukiwania w tym rejonie mogą być ograniczone ze względu na ochronę środowiska. Korzystniejsze pod tym względem są rejony na bloku przedsudeckim oraz w Górach Bardzkich (Mapa 3). Jednak i w tych rejonach ewentualna przeróbka rud siarczkowych trudnowzbogacalnych (*refractory ores*) w celu odzysku złota wiąże się z powstawaniem dużej ilości szkodliwych odpadów (cyjanki, metale ciężkie, organiczne reagenty flotacyjne i in.), które mogą zanieczyścić wody oraz gleby. Wszystkie te czynniki są b. niekorzystne i narzucają konieczność zastosowania najnowocześniejszych metod przeróbki złotonośnych rud.

2.2.4. Obszar niecki północnosudeckiej

W obszarze niecki północnosudeckiej najbardziej interesujące wydają się 2 obszary perspektywiczne Au występujące w obszarze udokumentowanych złóż Cu-Ag: Niecka Grodziecka (obszar perspektywiczny Au - Konrad-Wartowice), Nowy Kościół i Lena (obszar perspektywiczny Au - Nowy Kościół-Lena). Podwyższone koncentracje złota stwierdzono tu w utworach strefy kontaktowej białego spągowca i wapienia podstawowego, występujących pod niewielkim nakładem młodszych utworów. Obliczone zasoby Au w tych rejonach wynoszą kilkadziesiąt Mg Au (patrz rozdz. 3.3.3). Jednak ze względu na dużą nieregularność wystąpień mineralizacji złota, szczególnie istotnym zagadnieniem, jest dokładne zbadanie stopnia jego zmienności przestrzennej. W celu precyzyjnego określenia perspektyw złożowych, obszar ten wymaga rozszerzenia prac zwiadowczych i zbadania następnych odślonięć. Ponadto, w rejonach tych należałoby zweryfikować możliwość podpowierzchniowych wystąpień złota płytkimi wierceniami poszukiwawczymi w ramach

zadań dla Państwowej Służby Geologicznej (Mikulski, Speczik 2011). Na obecnym etapie rozpoznania uzyskane materiały mają istotne znaczenie poszukiwawcze.

Więcej danych o koncentracji złota w niecce północnosudeckiej przedstawiono w rozdz. 3.3.3. oraz 3.4. i 3.5.

2.2.5. Obszar Wądroże Wielkie

Rejon Wądroża Wielkiego (Mapa 3) został zaliczony do obszarów perspektywicznych dla wystąpień złóż złota z dwóch względów. Pierwszym, jest średniowieczna eksploatacja złota okrucowego i również złotośnych żył kwarcowych pomiędzy Wądrożem a Mikołajowicami. Drugim, jest obecność na bloku przedsudeckim identycznych skał magmowo-metamorficznych znanych z Sudetów (np. skał zaliczanych do kompleksu kaczawskiego). W obszarze tym rozwój procesów magmowo-metamorficznych, tektonicznych i złożowych, w czasie gdy w Sudetach tworzyły się orogeniczne złoża złota (od ok. 330-310 Mikulski, 2007a) był identyczny. Znane z rejonu Wądroża Wielkiego złożo żył kwarcowych ze złotem goszczą zmetamorfizowane dolnopaleozoiczne skały. Głównie są to skaolinizowane (Uberna, 1959a, 1959b) i zsylikowane gnejsy, w których występuje system pionowych żył o biegu NW-SE i N-S i długości od ok. 50 do 250 m, a ich grubość może osiągać do kilku metrów. Treść żylną stanowią różne odmiany kwarcu (biało-szary, żółtawy i czerwony). Kwarc żylny jest kawernisty, brekcjowy i palisadowy często nieprzezroczysty z akcesorycznym pirytem, turmalinem i minerałami ilastymi (Stenzel-Kolasa, 1983). Zawartość złota w/w żyłach wynosi według różnych danych od 1,6 do 37,2 ppm (Zöller, Heuseler, 1926), ok. 8 ppm (Domaszewska, 1964) i od śladów do ok. 0,1 ppm (Sokołowska, Wojciechowski, 1995). Złoto jest związane z pirytem (Zöller, Heuseler, 1926). Podobnie wykształcone słabo złotośne żyły występują również w Taczalinie w tamtejszym czynnym kamieniołomie kwarcu żyłowego (dokumentacja złożowa: Szepietowska, 1972). Zawartość złota w glinach kaolinowych zalegających na gnejsach wynosi ok. 70,0 ppb (Janczyszyn i in., 1986).

Ponadto w obszarze tym są udokumentowane również liczne żyły kwarcowe i nie można wykluczyć, że zawierają mineralizacje złotośną. Słabe rozpoznanie tego obszaru bloku przedsudeckiego, będącego w większości pod przykryciem osadów kenozoicznych nie pozwala na dokładniejsze oszacowanie zasobów perspektywicznych złota.

2.2.6. Obszar hipotetyczny - Głuchołazy

Biorąc pod uwagę obszary hipotetyczne dla wystąpień złota w Sudetach, nie można pominąć obszaru Sudetów Wschodnich, gdzie pod kenozoicznymi osadami występują zmetamorfizowane utwory osadowo-wulkaniczne paleozoiku. W okolicach Głuchołazów skały te goszczą żyły kwarcowe z siarczkami (galena, sfaleryt, piryt, chalkopiryt) oraz przejawy złota. Przejawy złota odnotowane zostały w kamieniołomie amfibolitów w rejonie Burgrabic (Wojciechowski 1997).

Najprawdopodobniej niektóre z żył tego obszaru, jak również złoża zlokalizowane w Czechach, zaledwie kilka km na południe od Głuchołazów były źródłem złota dla osadów okrucowych eksploatowanych w rejonie Głuchołazów już w średniowieczu (Mapa 3; Grodzicki 1967a, 1972; Wierchowicz 2010). Złoża złota w Czechach takie jak: Mikulowice koło Jesenika, Zlate Hory-vychod i Zlate Hory-Zlaty Potok (*Mineral...2007*), są związane z rudami siarczkowymi (piryt, chalkopiryt, sfaleryt i galena) pochodzenia ekshalacyjno-osadowego (typ SEDEX). Mają one udokumentowane zasoby złota po kilkadziesiąt ton (op.

cit.). Skałami otaczającymi rudy złota są zmetamorfizowane paleozoiczne skały serii wulkaniczno-osadowych zaliczanych do Sudetów Wschodnich. Dodatkowo rozpoznane zostały żyłowe złoża ze złotem zalegające w serii kwarcytowej jednostki Rejvizu w Zlaty Chlum koło Jesenika (Fojt, Hauk 1984; Moravek 1996). W rejonie Zlaty Chlum złotonośne żyłki i brekcje kwarcowe występują wzdłuż kontaktu dewońskich kwarcytów z amfibolitami. Zawartości złota są w zakresie od ok. 5 do 8,3 ppm (Fojt, Hauk 1984). Jednostki goszczące złotonośną mineralizację w Czechach występują również po polskiej stronie, dlatego istnieje możliwość przedłużenia się złotonośnej mineralizacji w skałach masywu Pradziada i epimetamorficznych seriach skalnych tzw. warstw andelańskich w rejonie Głuchołazów. Ze względu na brak rozpoznania ewentualne zasoby złota w rejonie Głuchołazów należy zaliczyć do zasobów hipotetycznych.

2.5. OCENA PERSPEKTYW ZŁOŻOWYCH NA ZŁOTO OKRUCHOWE I ANTROPOGENICZNE

Na obecnym etapie rozpoznania w Sudetach i na bloku przedsudeckim szanse na udokumentowanie złóż złota okruchowego spełniających obecnie obowiązujące kryteria bilansowości należy uznać za nikłe. Z całą jednak pewnością złoto okruchowe można traktować jako kopalinę towarzyszącą w dotychczas udokumentowanych aluwialnych złożach żwirowych, żwirowo-piaskowych i piaskowo-żwirowych (kruszywa naturalnego) w dolinie Bobru pomiędzy Pilchowicami a Kraszowicami („Winna Góra”, „Rakowice”, „Włodzice”, „Kraszowice”, „Nowa”), gdzie stwierdzono jego obecność i wykazano możliwość odzysku w trakcie przeróbki kruszywa naturalnego (Mapa 5). Z dużą dozą prawdopodobieństwa można przyjąć, że występują ono również w złożu kruszywa „Dębowy Gaj” położonego w dolinie Bobru w sąsiedztwie złoża „Winna Góra” i w złożu „Rzymówka” zlokalizowanego w dolinie Kaczawy w okolicach Złotoryji. Przyszłe prace poszukiwawcze i rozpoznawcze za dodatkowymi złożami kruszywa naturalnego w obrębie w/w odcinków dolin Bobru i Kaczawy, jak również w dolinie Oldzy w jej dolnym i środkowym biegu również powinny uwzględnić możliwość udokumentowania zasobów złota okruchowego jako kopaliny towarzyszącej.

Z całą pewnością ze względu na relatywnie wysoką zawartość metalu i szerokie rozprzestrzenienie przyszłe prace poszukiwawcze i rozpoznawcze za złożami kruszywa naturalnego w obrębie żwirowo-piaszczystych pokryw wieku trzeciorzędowego na wododziale Bobru i Kaczawy oraz Bobru i Kwisy powinny uwzględnić możliwość udokumentowania zasobów złota okruchowego jako kopaliny towarzyszącej tamtejszym kwarcowym żwirom. Dotyczy to w głównej mierze rejonu Suszek, Nowych Jaroszowic i Żerkowic, gdzie obecność złota okruchowego jest bezspornym faktem, jak również pozostałej środkowej (z udokumentowanymi złożami kruszywa „Bielanka-Wschód” i „Bielanka-Zachód”) i wschodniej części (z pospolitą obecnością żwirów kwarcowych pod przykryciem osadów plejstocénskich) wododziału Bobru i Kaczawy. Zupełny brak danych n/t występowania złota okruchowego w rzeczonych żwirach na lewym brzegu Bobru i niska złotonosność aluwii wypełniających dolinę Kwisy pomniejsza rangę wododziału Bobru i Kwisy jako obszaru perspektywnego pod względem udokumentowania złóż kruszywa ze złotem okruchowym jako kopaliną towarzyszącą. Należy jednak tutaj nadmienić, że zarówno na prawym brzegu Bobru (w rejonie Włodzic Wielkich, Suszek i Nowych Jaroszowic), jak i na brzegu przeciwnym (poczynając od Włodzic Małych, Ocic i Mierzwina) w kierunku na Nowogrodziec, opisane tutaj żwiry trzeciorzędowe stanowią wraz z utworami plejstocénskimi nadkład kilku wzmiankowanych powyżej złóż glin ceramicznych biało wypalających się i glin kamionkowych. Jako takie wraz ze złotem okruchowym mogą być one rozpatrywane jako nadkładowa kopalina towarzysząca ilom ceramicznym.

Ścisłe współwystępowanie odpadów po średniowiecznych pracach górniczych (które ze względu na swoje parametry można traktować jako kruszywo naturalne) ze złotem antropogenicznym z rzeczonymi żwirowo-piaszczystymi pokrywami wieku trzeciorzędowego w rejonie Suszek, Włodzic Wielkich, Nowych Jaroszowic, Żerkowic i Płakowic-Nowego Dworku na prawym (wschodnim) brzegu doliny Bobru automatycznie czyni z niego kopalinę towarzyszącą w tamtejszych potencjalnych nagromadzeniach kruszywa. Ze względu na ograniczone rozprzestrzenienie identycznie wykształcone utwory żwirowo-piaszczyste wieku trzeciorzędowego z rejonu Złotoryji (Kopacz, Sępów) i towarzyszące im odpady po średniowiecznych robotach górniczych, jak również odpady po górnicze z okolic Głuchołazów należy uznać za nie perspektywiczne pod względem uznania występującego w

nich złota okruchowego (i antropogenicznego) za kopalinę towarzyszącą kruszywu naturalnemu.

Wystąpienia złota antropogenicznego typu rakowickiego w kopalniach kruszywa naturalnego (w dolinie Bobru w Bolesławcu i Olszynie, w dolinie Kaczawy w Szczytnikach, w dolinie Nysy Kłodzkiej w Pilcach i w Wójcicach, w innych dolnośląskich kopalniach kruszywa naturalnego i w samych Rakowcach) w ścierach, w osadach wewnątrz odwadniaczy i w osadach powstałych na skutek ich czyszczenia oraz w piaskach i piasko-mułach odpadowych cechują się skomplikowaną budową i kapryśnym rozmieszczeniem metalu w profilu utworów antropogenicznych. Ze względu na przeciętnie niską zawartość metalu w piasko-mułach odpadowych (stanowiących objętościowo praktycznie całość odpadów poeksploatacyjnych), abstrahując od częstokroć bardzo wysokich zawartości w pozostałych typach odpadów, jego nagromadzenia należy uznać za mające jedynie walor poznawczy i mineralogiczny. Mogą one również stanowić ważną przesłankę poszukiwawczą w trakcie prowadzenia prac poszukiwawczych w sudeckich dolinach rzecznych. Zagadnienie bieżącego odzyskiwania złota i towarzyszących mu ciężkich minerałów użytecznych z pulpy ścierów, pulpy piaskowej i pulpy mułowej (pulpy piaskowo-mułowej) pozostające jedynie w pośrednim związku z tematyką niniejszego opracowania nie będzie tutaj szerzej omówione.

Zasoby złota antropogenicznego w arsenonośnych szlamach poflotacyjnych dawnego zakładu przerobczego Huty Arsenu „Złoty Stok” z lat 1935-62 ustalone na od 1200 do 1380 kg odpowiadają kategorii rozpoznania nie gorszej niż C₂. Łączne hipotetyczne zasoby złota w żużlach hutniczych Złotego Jaru należy ocenić na 9 kg. Nie ma żadnych racjonalnych przesłanek, aby w dającej się przewidzieć perspektywie czasowej mogły one mieć znaczenie przemysłowe.

Przekwalifikowanie hipotetycznych zasobów złota antropogenicznego w odpadach poeksploatacyjnych po dawnych XI-XIII-wiecznych robotach górniczych za złotem pomiędzy Legnickim Polem a Wądrożem Wielkim k/ Legnicy i hipotetycznych zasobów złota okruchowego zawarte w aluwiach Wierzbiaka w związku z udokumentowanym złożem kruszywa naturalnego „Lubień” w jego dolinie (na odcinku od Wądroża Małego na wschodzie do Lubienia na zachodzie) do wyższej kategorii zasobowej na obecnym etapie rozpoznania geologii tego rejonu nie ma żadnych racjonalnych podstaw.

Należy tutaj zaznaczyć, że kwestią zupełnie natomiast otwartą jest perspektywiczność zwirowo-piaszczystych osadów trzeciorzędowych występujących na przedpolu Sudetów Wschodnich (pasma górskiego Jeseníków) w rejonie Nysa-Głubczyce w kierunku na Korfantów-Białą. Ponieważ utwory te w porównaniu z bardziej zachodnią częścią tego sektora (Mapa 5) są bardzo słabo poznane pod względem litologicznym i warunków sedimentacji, to pomimo dobrej znajomości pierwotnych wystąpień złota po czeskiej stronie granicy będących dla nich bez wątpienia źródłem metalu, określenie choćby w dużym przybliżeniu stopnia ich złotoności nie jest możliwe.

Podsumowując, na obecnym etapie poznania budowy geologicznej Sudetów i bloku przedsudeckiego, i z uwagi na przebieg zdarzeń geologicznych w obu tych jednostkach strukturalno-tektonicznych, przebieg egzogenicznych procesów złożowych oraz wykształcenie pierwotnych wystąpień złota, za najbardziej perspektywiczny obszar występowania złota okruchowego i antropogenicznego należy uznać cały wododział Bobru i Kaczawy oraz wschodnią część wododziału Bobru i Kwisy. Granice tego rejonu perspektywicznego (o nazwie **Lwówek Śląski-Bolesławiec-Złotoryja** i powierzchni ok. 760 km²) wyznaczają następujące punkty (idąc od południa zgodnie z ruchem wskazówek zegara): Dębowy Gaj-**Lwówek Śląski**-Kotliska-Ocice-Nowogrodziec-Mierzwin-**Bolesławiec**-Warta Bolesławiecka-Iwiny-Olszanica-Zagrodno-Nowa Wieś Złotoryjska-Kozów-Prusice-**Złotoryja**-Sępów-Jastrzębnik-Twardocice-Radomiłowice-Górczyca-Dębowy Gaj. Drugi rejon perspektywiczny (o nazwie **Gryfów Śląski** i powierzchni ok. 9 km²) obejmuje część doliny

Oldzy w jej dolnym biegu wraz z doliną potoku Rybnik. Jego granice wyznaczają następujące punkty: **Gryfów Śląski-Ubocze-Oleszna Podgórska-Gryfów Śląski** (Mapa 5). W obu tych rejonach złota okrucowe i antropogeniczne zarówno ze znanych dotychczas wystąpień, jak i z wystąpień nowych należy traktować jako kopalinę towarzyszącą kruszywu naturalnemu. W świetle dotychczasowych wyników badań szanse na udokumentowanie samoistnych złóż tego metalu (przy założeniu, że obecne kryteria bilansowości będą nadal obowiązywać) są nikłe.

3.4. OCENA MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA ZŁOŻ PERSPEKTYWICZNYCH W UTWORACH KONTAKTU CECHSZTYNU I CZERWONEGO SPĄGOWCA – SW POLSKA

W wyniku obecnej oceny można ze znacznym przybliżeniem oszacować, że w utworach utlenionych SW Polski (z wyłączeniem udokumentowanych obszarów złożowych rud Cu-Ag) uległo zgromadzeniu ok. 1,9 tys. Mg Au (o brzeżnej zawartości 100 ppb Au w próbce). Należy jednak wyraźnie stwierdzić, że ze względu na liczne bariery i ograniczenia (rzadka i nieregularną siatka zbadanych otworów, znaczna na ogół głębokość, nieznaczna miąższość i średnia zawartość Au w interwałach złotoñośnych, nieciągłość pokładu złotoñośnego), istnieją niewielkie szanse na to, aby mineralizacja Au w wydzielonych obszarach perspektywicznych została udokumentowana, jako samodzielne złoża złota, w stopniu umożliwiającym zagospodarowanie. Oznacza to, że tylko nieznaczna część złota zgromadzonego w obszarach perspektywicznych ma szansę na pozyskanie w trakcie ewentualnej eksploatacji rud Cu-Ag w przyszłości, jako składnik towarzyszący rudom Cu-Ag.

Wydzielono 15 obszarów perspektywicznych (o minimalnej średniej zawartości 100 ppb Au). We wszystkich zbadanych obszarach perspektywicznych stwierdzono jedynie 6 profili o średniej zawartości ponad 1 ppm Au, w interwałach o nieznacznej miąższości w zakresie od 6 do 60 cm, co wskazuje, że jedynie najbogatsze fragmenty obszarów perspektywicznych Au mogą zostać w przyszłości zagospodarowane. W światowej praktyce poszukiwawczej, w złożach stratoidalnych odsłaniających się na powierzchni terenu, za perspektywiczną uważana jest zawartość złota w granicach 1-1,5 ppm. W przypadku kopalń podziemnych, zawartości średnie w złożach do bieżącego zagospodarowania powinny przekraczać 2,5 ppm Au, lecz w rudach na zwalach mogą być znacznie niższe, rzędu 0,3-0,9 ppm Au (Paulo, Strzelska-Smakowska 2000).

Najbardziej perspektywicznym obszarem na monoklinie przedsudeckiej jest obszar Zielona Góra, stanowiący północno-zachodnie przedłużenie złotoñośnego obszaru występowania utworów utlenionych w zachodniej części obszaru dokumentacyjnego Lubin-Sieroszowice, gdzie szacunkowe zasoby perspektywiczne złota na pow. 310 km² wynoszą ok. 400 Mg (Oszczepalski 2007). Wykorzystanie współwystępującego złota stanie się możliwe w przypadku udokumentowania i eksploatacji rud Cu-Ag, znajdujących się w obrębie obszaru perspektywicznego Mozów i jego prawdopodobnej kontynuacji w stronę złoża Bytom Odrzański (por. Oszczepalski, Speczik 2011).

Po rozpoznaniu mineralizacji Au na obszarze dokumentacyjnym rud Cu-Ag Lubin-Sieroszowice, wzrasta znaczenie tych fragmentów złóż rud miedziowo-srebrowych, które bezpośrednio przykrywają utwory utlenione ze złotem lub zająbiają się lateralnie ze złotoñośnymi utworami utlenionymi. Zasoby te powinny być brane pod uwagę podczas zagospodarowywania udokumentowanych złóż rud Cu-Ag. Na obecnym, wstępnym etapie rozpoznania, trudno jest ocenić jednoznacznie, czy eksploatacja partii głębszych i oddalonych od aktualnych wyrobisk w kopalniach rud miedzi może być ekonomicznie uzasadniona. Niemniej, parcele złożowe, nie tylko w obszarze górniczym Polkowice-Sieroszowice, Radwanice Wschód i zachodniej części Głogowa Głębokiego Przemysłowego, lecz także na obszarach pozaeksploatacyjnych (Gaworzyce, Radwanice Zachód, Bytom Odrzański), gdzie stwierdzono utwory złotoñośne (interwały o miąższości 1-6 m i średniej zawartości w granicach 0,4-1,0 ppm Au), mogą być przedmiotem zainteresowania i ewentualnego wykorzystania (bieżącego wydobycia i oddzielnego ich składowania) w przypadku wykonywania podziemnych wyrobisk. W tych ostatnich rejonach, koncentrowanie się zasadniczej mineralizacji złota przede wszystkim w utworach łupku miedziowego jest

bardzo korzystne z punktu widzenia łatwiejszej technologicznie selektywnej eksploatacji utworów łupkowych, niż piaskowcowych, które dominują w rejonie Polkowice-Sieroszowice.

W niecce północnosudeckiej mineralizacja Au stwierdzona została przede wszystkim na obszarach Starego Zagłębia Miedziowego. Na obszarze Konrad-Wartowice - podobnie, jak w obszarze dokumentacyjnym Lubin-Sieroszowice - okruszcowanie złotem spotykane jest w utworach utlenionych białego spągowca i wapienia podstawowego, podścielających rudy Cu-Ag i w najbliższym otoczeniu miedziowo-srebrowych ciał rudnych. Możliwe są tu przypuszczalne zasoby w wysokości ok. 10 Mg Au. W przypadku wznowienia eksploatacji w kopalni Konrad lub rozpoczęcia produkcji w nowych kopalniach, stwierdzone koncentracje złota mogą być poddane dokładniejszemu rozpoznaniu w celu gospodarczego wykorzystania w trakcie eksploatacji rud Cu-Ag. Mimo to, okruszcowanie to podlega identycznym ograniczeniom, jak w przypadku okruszcowania znanego z rejonu złoża Lubin-Sieroszowice.

Najbardziej interesujący wydaje się obszar perspektywiczny Nowy Kościół-Lena, który był już przedmiotem koncesji poszukiwawczych. Wysokie koncentracje złota stwierdzono tu w utworach strefy kontaktowej białego spągowca i wapienia podstawowego, występujących pod niewielkim nakładem młodszych utworów. Obecnie oszacowano tu ok. 32 Mg Au w obszarze o powierzchni 47,5 km², w bardzo korzystnych warunkach powierzchniowych i przypowierzchniowych. Szczególnie istotnym zagadnieniem do rozwiązania jest dokładne zbadanie stopnia zmienności przestrzennej mineralizacji złota.

Na pozostałym obszarze SW Polski wytyczono 7 obszarów perspektywicznych, spośród których jedynie cztery obszary (Brzostowo, Chojnik, Grochowice i Zielona Góra (częściowo) zawierają interwał złotośny na względnie korzystnej głębokości poniżej 2000 m. Pozostałe obszary perspektywiczne (Chwaliszew, Czarna Wieś, Klęka) cechuje znaczna głębokość (2000-3000 m) zalegania mineralizacji złota. Wśród obszarów perspektywicznych - obszar Nowa Wieś cechuje korzystny zakres głębokości 800-850 m, natomiast w pozostałych sześciu obszarach (Chwaliszew, Dachów, Dębinka, Pakosław, Radziądz, Wilcze) mamy do czynienia z głębokościami przekraczającymi 1400 m. Wystąpienia złota na tych obszarach związane są przede wszystkim z utlenionym łupkiem miedziowym, rzadziej z utlenionymi utworami wapienia podstawowego i białego spągowca. Ze względu na znaczną głębokość zalegania, nieznaczną miąższość interwałów złotośnych i niezbyt wysokie zawartości, rejon te nie mogą stanowić samodzielnych obiektów zainteresowania przemysłu górnictwa. Jak wynika z porównania rozkładu obszarów perspektywicznych Au (Mapa 7) i obszarów perspektywicznych Cu-Ag (por. Oszczepalski, Speczik 2011), potencjalne złoża Au przylegają do obszarów perspektywicznych Cu-Ag, co pozwala sądzić, że w razie uzyskania koncesji poszukiwawczej lub eksploatacyjnej rud miedziowo-srebrowych, koncesjodawca może brać pod uwagę możliwość wykorzystania nagromadzeń złota, jako pierwiastka towarzyszącego mineralizacji Cu-Ag.

3.5. IMPLIKACJE POSZUKIWAWCZE I OGRANICZENIA ZŁÓŻ PERSPEKTYWICZNYCH W UTWORACH KONTAKTU CECHSZTYNU I CZERWONEGO SPĄGOWCA – SW POLSKA

Na podstawie dotychczasowych wyników badań należy jednoznacznie stwierdzić, że najważniejszą prawidłowością w przestrzennym rozkładzie mineralizacji Au, jest jej występowanie w obrebie utworów utlenionych lub w najbliższym ich otoczeniu. Jak wynika z zaprezentowanych map (Mapa 6 i 7), niemal wszystkie wystąpienia złota związane są obszarami utlenionymi, zawierającymi utwory utlenione w stropie białego spągowca lub w łupku miedziowym. Dotyczy to wszystkich obszarów utlenionych: złotoryjskiego, zielonogórskiego, poznańskiego i ostrzeszowskiego. Jedynie trzy obszary perspektywiczne, o ubogiej mineralizacji Au (Pakosław, Radziądz, Grochowice) nie wykazują widocznego

związku z utworami utlenionymi. W przeciwieństwie do utworów utlenionych, osady facji redukcyjnej nie zawierają wzbogaceń w złoto.

Powyższa prawidłowość jest różnorodnie interpretowana w dotychczasowych modelach genetycznych, podczas gdy konstrukcja modelu genetycznego ma zasadnicze znaczenie dla kontynuowania prac poszukiwawczo-badawczych.

Według jednej grupy poglądów, powstawanie złóż Cu-Ag przebiegało w wyniku mieszania się dwóch roztworów: redukcyjnych i chłodnych roztworów descenzyjnych typu Na-Ca oraz utleniających, gorących roztworów ascenzyjnych typu K-Mg, niosących organiczne kompleksy metali szlachetnych (Kucha, 1982; Kucha, Pawlikowski, 1986). Zaproponowano bardzo szeroki zasięg czasowy dla powstania mineralizacji cechsztyńskiej, dopuszczając możliwość jej formowania w wyniku działania solanek znajdujących się pod ciśnieniem podczas tworzenia się solnych diapirów w triasie, jurze dolnej i kredzie dolnej. Według Kuchy (1995), oprócz syndiagenetycznego powstawania tlenków żelaza, zachodziły procesy czterokrotnego utleniania spągowych utworów cechsztynu, prowadzące do powstania wtórnego hematytu. Następne zdarzenie, które miało miejsce po utworzeniu się mineralizacji miedziowej (a więc młodsze, niż wiek hematytu 240-230 Ma w utworach Rote Fäule; por. Jowett i in., 1997), zachodzące zdaniem Kuchy i Przybyłowicza (1999) wskutek dolnojurajskiej ekstensyjnej tektoniki, spowodowało ponowną hematytyzację i powstanie złotonośnej mineralizacji. Na taką możliwość wskazuje ich zdaniem wiek thucholitu (180-175 Ma; jura dolna) oraz wiek ołowiu (metodą U/Pb) strącanego w rurach doprowadzających gaz ziemny z utworów permu. Według tych autorów, metale szlachetne zostały dostarczone do spągowych utworów cechsztynu w dolnej jurze (50-60 Ma po utworzeniu się złóż miedzi), co zbiega się z trzecią fazą hematytyzacji, korespondującą z powstawaniem thucholitu. Wiek amalgamatów ołowiu oraz żyłkowej asocjacji gips-hematyt-kalcyt-amalgamaty srebra i ołowiu może sugerować dwa oddzielne wydarzenia mineralizacyjne: dolnojurajskie i dolnokredowe, co doprowadziło autorów do wniosku, że po trzeciej fazie hematytyzacji nastąpiła schyłkowa faza mineralizacji w dolnej kredzie.

Piestrzyński i in. (1996a) zaprezentowali pogląd, że złoto było rozpuszczane i transportowane przez roztwory utleniające w kompleksach tiosiarczanowych, a następnie deponowane na granicy redoks. Odmienna pozycja mineralizacji miedziowej i Au+PGE wskazuje zdaniem Pieczonki i Piestrzyńskiego (2000) na odmienne źródła rudy Cu i mineralizacji Au-Pt-Pd, a różne odcienie barwne czerwonych plam świadczą o tym, że powstawały one w co najmniej dwóch etapach utlenienia. Piestrzyński i Wodzicki (2000) na podstawie termodynamicznych obliczeń doszli do wniosku, że – podobnie, jak w modelu Kuchy i Pawlikowskiego (1986) oraz Wodzickiego i Piestrzyńskiego (1994) - złoto deponowane było po utworzeniu się złoża Cu-Ag w wyniku mieszania się złotonośnych redukcyjnych roztworów descenzyjnych (z wyżej leżących ewaporatów cechsztyńskich) i złotonośnych utleniających roztworów ascenzyjnych (z czerwonego spągowca). Według przedstawionego modelu (Piestrzyński i in., 1996a; Pieczonka, Piestrzyński, 2000; Piestrzyński i in., 2002), w pierwszym etapie zachodziła depozycja złota transportowanego w kompleksach tiosiarczanowych z lokalnych roztworów wstępujących, późniejszych, niż miedzionośnych, dla których głównym źródłem złota były piaskowce białego spągowca, z którego złoto było ługowane podczas wtórnego procesu utleniania. Równocześnie z tymi procesami lub w następnym etapie, złoto było deponowane z descenzyjnych roztworów redukcyjnych w formie kompleksów dwusiarczkowych i deponowane razem z hematytem i kowelinem w miejscach, z których roztwory utleniające wyługowały rudy miedzi. Zdaniem Piestrzyńskiego i Sawłowicza (1999), wzbogacenia w złoto powstały w wyniku jego uwolnienia z siarczków miedzi podczas procesów utleniania albo ich późnego dostarczenia i depozycji w strefie przejściowej. Piestrzyński i in. (2002) zauważają, że trzeciorzędowe

koncentracje złota aluwialnego mogły być dodatkowym źródłem złota, co sugeruje późny wiek mineralizacji Au.

Zgodnie z trzecią grupą poglądów (Oszczepalski i in., 1997, 2002a; Speczik i in., 1997, 2003; Oszczepalski, Rydzewski, 1998; Oszczepalski, 1999; Bechtel i in., 2001), mineralizacja Au-Pt-Pd - podobnie jak występująca wyżej mineralizacja Cu-Ag-Pb-Zn - powstała wskutek ascenzyjnej migracji utleniających, metalonośnych solanek chlorkowych z utworów czerwonego spągowca i strącenia metali w obrębie bariery redukcyjnej spągowego cechsztynu. Złoto, podobnie jak miedź i srebro, dostarczone zostało do spągowych utworów cechsztynu przez roztwory lekko kwaśne, zasolone i wzbogacone w wapń. Zdaniem tych autorów, wzbogacenie utworów utlenionych w złoto nie może być rozważane w oderwaniu od formowania się strefy utlenionej. Mówiąc inaczej, należy sądzić, że wzbogacenia w Au powstały w wyniku działania tych samych roztworów i procesów, które doprowadziły do utlenienia utworów cechsztynu i powstania złóż miedziowo-srebrowych, gdyż z analizy rozkładu stref mineralizacyjnych wynika wzajemny związek tych stref w integralnym systemie mineralizacyjnym. Ścisłe przywiązanie wystąpień złota do utworów utlenionych świadczy o tym, że utwory utlenione stanowiły centra zasilania w metale, a strefowość występowania metali i powstanie wysokich koncentracji złota oraz miedzi i srebra po przeciwnych stronach granicy redoks jest wynikiem kierunkowej dostawy metali i ich depozycji wskutek interakcji roztworów metalonośnych z redukcyjnym środowiskiem spągowych utworów cechsztynu. W miarę postępującej cyrkulacji roztworów, redukcyjne osady spągowe cechsztynu ulegały stopniowemu przeobrażeniu i konwersji do utworów utlenionych Rote Fäule. Z badań paleotemperaturowych wynika, że roztwory mineralizujące cechowała temperatura w granicach od 60 do 140°C, z wyraźną tendencją jej wzrostu w rejonach występowania utworów utlenionych i rud Cu-Ag (Oszczepalski i in., 2002a; Nowak, 2003; Speczik i in., 2003a, b, 2007). W takich warunkach, zarówno Cu i Ag, jak i Au łatwo są ługowane i transportowane w formie kompleksów chlorkowych. Ich destabilizacja zachodziła wskutek reakcji roztworów metalonośnych z materiałem organicznym i pirytem, wzrostu pH lub spadku temperatury. Ostatecznym rezultatem redystrybucji metali, powodowanej sukcesywnymi przepływami roztworów mineralizujących, jest przestrzenny rozdział mineralizacji Au-Pt-Pd i Cu-Ag, przekraczający kontakt strefy utlenionej z redukcyjną (manifestujący się istnieniem strefy przejściowej) oraz przecinanie granic jednostek litostratygraficznych dolnego cechsztynu przez zasięg strefy utlenionej i granice ciał kruszczowych. O postdepozycyjnym wieku omawianej mineralizacji świadczą badania paleomagnetyczne hematytu (Jowett i in., 1987), które ujawniły jego wiek (250-220 Ma), świadczący o górnopermsko-środkowotriasowym wieku procesu hematytyzacji. Uwzględnienie najnowszych danych o wędrówce biegunów w permie i triasie umożliwiło modyfikację tego wieku do zakresu 255-245 Ma, tj. górny perm – dolny trias (Nawrocki, 2000). Datowanie illitu neogenicznego (250-190 Ma), obfitego zarówno w utworach utlenionych, jak i w łupkowej rudzie miedzi, wskazuje pośrednio na zbliżony, triasowo-dolnojurański wiek końcowego procesu powstawania mineralizacji (Bechtel i in., 1999). Obok wcześniej postulowanych mechanizmów transportu – konwekcyjnego (Jowett i in., 1987; Oszczepalski, 1989; Speczik, 1995), kompakcyjnego (Kucha, Pawlikowski, 1986) i kompakcyjno-konwekcyjnego (Cathles i in., 1993), rozpatrywano także mechanizm sejsmiczny – wywołujący ekspulsję roztworów w sąsiedztwie systemów uskokowych (Blundell i in., 2003).

Jak wynika z powyższego przeglądu koncepcji pochodzenia mineralizacji Au oraz porównania lateralnego rozmieszczenia obszarów perspektywicznych Au (Mapa 6 i 7) względem obszarów prognostycznych Cu-Ag (por. Oszczepalski, Speczik 2011), wszystkie elementy systemu mineralizacyjnego tworzyły się wskutek interakcji niskotemperaturowych roztworów hydrotermalnych z osadami o charakterze redukcyjnym. Mimo różnic w

poglądach genetycznych poszczególnych badaczy, są oni zgodni, iż prowadzenie poszukiwań bogatej mineralizacji złota należy prowadzić jedynie w tych rejonach, które poddane zostały intensywnemu, posedymentacyjnemu utlenianiu. Oznacza to, że systematyczne śledzenie przebiegu lateralnego kontaktu utworów utlenionych z redukcyjnymi powinno nadal stanowić podstawę poszukiwań złóż stratoidalnych związanych z kontaktem cechsztyń/czerwony spągowiec, nie tylko miedziowo-srebrowych, lecz także i złota.

Ze względu na krótką historię rozpoznawania omawianej mineralizacji złota, złoża tego typu nie są uwzględniane w klasyfikacjach złóż rud metali, jak również brak w światowej literaturze modelu opisowego złóż złota w utworach utlenionych kontaktu cechsztyń/czerwony spągowiec. Złoża tego typu zaliczono do „stratoidalnych złóż złota i platynowców związanych z utworami utlenionymi Rote Fäule” (ang. Rote Fäule-related related Au-Pt-Pd mineralization; Oszczepalski i in. 1999) lub do „złóż złota typu red-bed” (ang. redbed-type gold mineralisation; Piestrzyński i in. 2002).

Najpełniejszy model opisowy zaprezentowano w pracy Pieczonki i in. (2008), w której wykazano, iż złoża tego typu na obszarze górniczym Polkowice-Sierszowice ma formę nieciągłego pokładu (o nieregularnych powierzchniach granicznych, przecinających granice jednostek litostratygraficznych), obejmującego najczęściej strop białego spągowca i spąg łupku miedziowego, o łącznych zasobach 86 Mg Au na obszarze o powierzchni ok. 40 km². Miąższość pokładu zmienia się od kilku centymetrów do 1,4 m (średnia wynosi 0,2 m), średnia zawartość od 0,9 ppm do 5,2 ppm, a zasoby w wyznaczonych blokach w zakresie od 0,6 do 6,6 Mg Au. Uwzględniając pozycję złoża na diagramach obrazujących zasoby i zawartości złota w złożach związanych z osadami (ang. sediment-hosted Au deposits), należy stwierdzić, iż złoża Polkowice-Sierszowice zajmuje pozycję w centrum populacji najczęstszych złóż - w granicach od 1 do 100 mln Mg Au i średniej zawartości od 1 do 6 ppm Au (por. Cox, Singer 1992, 2007; Mosier i in. 2002).

W podsumowaniu należy stwierdzić, że mineralizacja Au (lokalnie z platyną i palladem), obecna w utlenionych utworach kontaktu cechsztyń/czerwony spągowiec (płonnych w miedź i srebro), powinna być nadal badana w dostępnych rdzeniach wiertniczych równocześnie z prowadzonymi badaniami mineralizacji Cu-Ag. Dlatego dalsze prace poszukiwawczo-badawcze powinny objąć przede wszystkim wszystkie złotonośne obszary utlenione i przylegające do nich obszary perspektywiczne Cu-Ag, w celu dokładniejszego rozpoznania zasięgu rozprzestrzenienia omawianego okruszcowania.

Uwzględniając wszystkie zgromadzone wyniki, należy stwierdzić, iż w obecnych, wczesnych etapach rozpoznawania omawianego typu złóż, przede wszystkim dwa rejony występowania mineralizacji Au powinny znaleźć się w kręgu zainteresowania eksploratorów i (lub) inwestorów górniczych: (1) Nowy Kościół-Lena, gdzie okruszcowanie występuje w warunkach przypowierzchniowych lub na korzystnej głębokości do kilkuset metrów (rejon ten był już przedmiotem koncesji poszukiwawczej); oraz (2) złoża Polkowice-Sierszowice, a także inne rejony występowania złotonośnych utworów utlenionych w zachodniej części obszaru dokumentacyjnego Lubin-Sierszowice, gdzie możliwe jest zagospodarowanie złóż miedziowo-srebrowych z uwzględnieniem złota i platynowców.

Należy jednak zauważyć, że ze względu na nierównomierny rozkład danych, a przede wszystkim nieznaczna miąższość złotonośnych interwałów i jej dużą nieregularność oraz brak ciągłości, wykazane koncentracje nie stanowią wciąż bazy surowcowej dla podstawowego ciągu technologicznego przeróbki rud miedzi wydobywanych na obszarach górniczych KGHM PM SA, spełniającej ekonomiczne warunki do samodzielnej eksploatacji górniczej. Nie bez znaczenia w procesie decyzyjnym są liczne czynniki ograniczające możliwość zagospodarowania złota obecnego w utworach utlenionych, takie jak: zmienna budowa geologiczna, znaczna głębokość występowania, znaczna odległość od aktualnych oddziałów eksploatacyjnych, konieczność oddzielnej eksploatacji i ewentualnego składowania rud złota,

trudna wzbogalność metodami grawitacyjnymi i flotacją, zmienne ceny rynkowe i wszystkie inne parametry warunkujące opłacalność eksploatacji i odzysku. W ocenę ekonomiczną muszą być ponadto włączone koszty dodatkowego opróbowania i analityki.

Znaczną barierą w możliwości odzyskania złota jest drobnodispersyjna forma jego występowania oraz znaczna zmienność jego wystąpień, nieznaczne zasoby Au oraz wysokie koszty odzysku złota. Testy wzbogalności metodą separacji grawitacyjnej i flotacją wykazały, że opłacalny jest odzysk złota z rudy zawierającej ponad 1,627 ppm Au i 0,67% Cu (Łuszczkiewicz 1998; Wieniewski i in., 1998). Przy niezbyt wysokich koncentracjach złota oraz submikroskopowych koncentracjach, ekstrakcja wydobytej rudy na zwałach (np. cyjanizacją, dająca w warunkach testowych uzysk do 99%) wydaje się godna rozważenia (Chmielewski 1998). Uwzględnienie rosnących cen złota sprawia, że jego odzysk w wydzielonych blokach o koncentracjach przekraczających 2,1 ppm Au uznany został za ekonomicznie uzasadniony (Pieczonka i in., 2008).

Większość znanych wystąpień złota w utworach utlenionych (z wyjątkiem południowej części niecki północnosudeckiej) występuje na znacznych głębokościach, dlatego jego pozyskiwanie możliwe jest jedynie w przypadku rozpoczęcia głębinowej eksploatacji kopaliny głównej – rud Cu-Ag. Występowanie mineralizacji złota oddzielnie – obocznie względem rud miedziowo-srebrowych (z wyjątkiem mineralizacji Au-Pt-Pd bezpośrednio podścielającej rudy Cu-Ag) oznacza konieczność oddzielnego rozpoznania i udokumentowania zasobów. Z powyższych względów, zagospodarowanie złotonośnych pól będzie możliwe jedynie w przypadku realnej możliwości wyznaczenia furty eksploatacyjnej i sterowania eksploatacją w cienkich i zmiennych interwałach oraz opłacalnego pozyskiwania drobnodispersyjnego złota z ubogiej rudy, przy czym odzysk złota ze stref utlenionych, towarzyszących cechsztyńskim rudom miedzi, będzie wymagał opracowania odrębnego, niż w przypadku rud siarczkowych procesu przeróbki rud (A. Paulo, mat. niepubl.).

Pomimo powyższych ograniczeń, przy obecnym rosnącym trendzie cen złota na rynku międzynarodowym, pozyskiwanie metali szlachetnych powinno być możliwe nie tylko łącznie z rudami miedzi, lecz także poprzez oddzielne urabianie złotonośnych utworów utlenionych i składowaniu ich na zwałach do zagospodarowania w przyszłości, gdyż nie jest możliwy powrót do zlikwidowanych wyrobisk. Z tych względów, rozpoznanie mineralizacji złota jeszcze przed rozpoczęciem eksploatacji złóż rezerwowych dla górnictwa miedziowego, pozwoli w przyszłości na elastyczne gospodarowanie zasobami złoża, z uwzględnieniem metali szlachetnych, w optymalnie najdłuższym okresie działalności górniczej. Dlatego w trakcie bieżącej prospekcji wiertniczej rezerwowych złóż rud miedziowo-srebrowych przez KGHM Polska Miedź SA wykonywane są obecnie nie tylko oznaczenia w rdzeniach zawartości Cu, Ag i podstawowych metali towarzyszących, lecz także Au, Pt i Pd, co poprzednio nie było praktykowane.

Na pozostałych obszarach występowania utworów utlenionych, szanse odkrycia i udokumentowania złóż złota nie są znaczne ze względu na głębokość występowania, nieznaczną miąższość interwału złotonośnego (przeważnie poniżej 50 cm) i niekorzystną średnią zawartość złota w najbogatszych profilach (zwykle znacznie niższą, niż uważana za perspektywiczną zawartość 1-1,5 ppm Au). Ich zasoby są trudne do oszacowania ze względu na dużą zmienność zawartości Au w profilu oraz lateralną nieciągłość interwału okruszcowanego. Niemniej, stwierdzone koncentracje w wyznaczonych obszarach perspektywicznych mogą mieć znaczenie dla inwestorów realizujących koncesje poszukiwawcze lub eksploatacyjne rud Cu-Ag, gdyż złoto i platynowce stanowią istotny składnik towarzyszący.

4.2. OBSZARY PERSPEKTYWICZNE DLA WYSTAPIEŃ ZŁOŻ ZŁOTA W STREFIE KONTAKTU BLOKU MAŁOPOLSKIEGO Z BLOKIEM GÓRNOŚLĄSKIM

4.2.1. Dolina Będkowska

Jak dotychczas największe perspektywy na znalezienie złożowych koncentracji złota można łączyć z obszarem Doliny Będkowskiej oraz Pilicy (Mikulski i in., 2011), (Mapa 9). Pierwsze informacje o anomalnych koncentracjach złota pochodzą z rejonu Doliny Będkowskiej (otwór WB-102), gdzie żyłki kwarcowo-skaleniowe, przecinające łupki metamorficzne, zawierają do kilku ppm Au (Szostek i in., 1977), a złoto rodzime występuje w asocjacji z siarczkową mineralizacją polimetaliczną (Harańczyk, 1979; Nieć, 1986; Parachoniak i in., 1988). W następnych otworach z tego rejonu (DB-4, DB-5 i WB-102A) nie stwierdzono obecności złota (Harańczyk, Lankosz, 1990; Koszowska, Wolska, 2000), jednak nowsze prace analityczne zarejestrowały podwyższone oraz wysokie koncentracje złota w kilku próbkach z tych otworów (Oszczepalski i in., 2008). Złoto stwierdzono w próbkach punktowych kilku interwałów głębokościowych w otworze DB-4, przede wszystkim z głębokości 253,0 i 584,5 m. W interwałach tych występują liczne żyłki kwarcowe (o grubości do 10 cm), kwarcowo-kruszcowe oraz węglanowe. Złotonośna mineralizacja kruszcowa związana jest z żyłkowo-impregnacyjnymi wystąpieniami pirytu i sfalerytu, którym towarzyszy galena, chalkopiryt oraz podrzędnie arsenopiryt. Złoto i elektrum występują w postaci wrostków w pirycie, mikrożyłek sfalerytowo-galenowych (tnących piryt), jak również w formie drobnoziarnistych wydzielen ($<0,1$ mm średnicy) w kwarcu (Mikulski i in., 2008). Elektrum charakteryzuje się zróżnicowaną zawartości srebra od ok. 20 do 50 % wag. Ag. Maksymalne koncentracje Au w otworze DB-4 ujawniono w żyłce kwarcowej (15 ppm), metamorficznych łupkach z żyłkami kwarcowymi (1,2 ppm), zmetasomatyзовanych granitach (115 ppb) oraz żyłach porfirowych i andezytowych (78 ppb) (Oszczepalski i in., 2008). Z kolei w wierceniu DB-5 - 115 ppb Au w zmetasomatyзовanych granitach, 78 ppb Au w porfirach, 95 i 49 ppb Au w żyłach kwarcowych oraz 51 ppb Au w metałowcach ediakaru; WB102A - 15 ppb w porfirach i andezytach i 12 ppb w metałowcach ediakaru) (Oszczepalski i in., 2008).

Stwierdzono, że najbogatsza mineralizacja złotonośna w rejonie Doliny Będkowskiej współwystępuje z siarczkową mineralizacją polimetaliczną typu Zn-Pb-Cu \pm As w rejonie otworu DB-4 i WB-102, stanowiącą zewnętrzną strefę porfirowej mineralizacji typu Mo-Cu-W, której centrum znajduje się w rejonie otworu WB-102A (Mikulski i in. 2008).

4.2.2. Pilica

Drugim obszarem perspektywnym (Mapa 9) dla złożowych koncentracji złota wydaje się być rejon Pilicy, gdzie w zmetamorfizowanych mułowcach występujących ponad strefą skarnów stwierdzono złotonośne żyłki kwarcowe z licznymi tellurkami Bi i Ag oraz siarkosolami Bi i Cu, zawierające do 16 ppm Au (Harańczyk, 1978). Średnia zawartość złota w kilku interwałach o miąższości 0,1-0,7 m zmienia się w granicach 2-6 ppm (Harańczyk i in., 1985). W kilku próbkach zmetasomatyзовanych iłowców ediakaru stwierdzono do 79 ppb Au (Oszczepalski i in., 2008).

4.2.3. Mysłów

W rejonie Mysłowa (brzeżna część bloku górnośląskiego; Mapa 9) w pojedynczych próbkach (na 648 zbadanych) wykazano podwyższone zawartości złota: do 1,5 ppm w metasomatytach rozwiniętych w wapieniach ordowickich, do 0,2 ppm w diabazach oraz do 46 ppb w porfirach (Sokołowska, Wojciechowski, 1995). Późniejsze oznaczenia w 53 próbkach zmetamorfizowanych iłowców, mułowców i hornfelsów oraz skarnów wykazały maksymalne zawartości Au do kilkudziesięciu ppb (Truszel i in., 2006). Ostatnio w otworze 25-WB (głębokość 628,6 m) stwierdzono złotonośny piryt z wrostkami telluro-bizmutków Pb i Ag (zawierający do 5 % wag. Au), występujący w żyłkach kwarcowo-molibdenitowych z chalkopirytem (Mikulski i in. 2009). Podobnie interesujące zawartości Au stwierdzone zostały w rejonie Żarek (253 ppb w zbrekcjowanych dolomitach syluru, 42 ppb w brekcji iłowców ediakaru, 27 ppb w lamprofirze) oraz w okolicy Zawiercia w próbce granodiorytu (64 ppb) oraz brekcji iłowców ediakaru (27 ppb) (Oszczepalski i in., 2008).

4.3. IMPLIKACJE POSZUKIWAWCZE WYSTĄPIEŃ ZŁOŻ ZŁOTA W STREFIE KONTAKTU BLOKU MAŁOPOLSKIEGO Z BLOKIEM GÓRNOŚLĄSKIM

Stwierdzone w rejonie Doliny Będkowskiej i Pilicy wysokie koncentracje złota w żyłach kwarcowych, jak również obecność złota w wielu żyłkach kwarcowych, przecinających skały magmowe i metamorficzne w rejonach występowania mineralizacji porfirowej Mo-Cu-W w okolicach Myszkowa, Mysłowa, Żarek i Zawiercia, pozwalają łączyć je genetycznie ze złożami porfirowymi strefy kontaktu bloku małopolskiego z górnośląskim.

Porównując przestrzenny rozkład i wielkość koncentracji złota w rejonie Doliny Będkowskiej i Myszkowa można dojść do wniosku, że w rejonie Doliny Będkowskiej roztwory hydrotermalne dostarczały większych ilości złota (wraz z Zn, Pb, Cu i As), czego rezultatem są wielokrotnie wyższe zawartości Au i As w otoczeniu porfirowej mineralizacji typu Mo-Cu-W, niż w odpowiadającej strefie rejonu Myszkowa. Domieszki złota w metaosadach i żyłach kwarcowych zbliżają mineralizację Doliny Będkowskiej do klasycznych złóż porfirowych typu Cu-Mo, które często zawierają złożowe koncentracje złota.

Prawdopodobnie szybkie wyniesienie obszaru po uformowaniu się intruzji granitoidowych (w końcu karbonu) znaczone kolejnymi fazami małych subwulkanicznych intruzji ryolitów spowodowało zanik wysokotemperaturowych procesów pneumatolityczno-hydrotermalnych w tym rejonie. Pojawiająca się mineralizacja polimetaliczna głównie w otworze DB 4 zlokalizowana jest apikalnie w stosunku do granitoidów nawierconych otworem WB 102A. Panujące w tym obszarze (DB 4) średnie i niskie temperatury roztworów hydrotermalnych były zdecydowanie bardziej sprzyjające dla precypitacji złota w asocjacji z siarczkami polimetalicznymi z roztworów w strefach brekcji tektonicznych.

Przestrzenne usytuowanie żyłek kwarcowych ze złotem wskazuje, że tworzyły się peryferycznie względem apikalnych partii intruzji granodiorytowych wskutek działania pomagmowych roztworów hydrotermalnych (Mikulski i in., 2008). Obecny stan rozpoznania stwarza przesłanki na udokumentowanie interesujących nagromadzeń złota w strefach wokół mineralizacji porfirowej w rejonie Doliny Będkowskiej i Pilicy.

5.3. OBSZARY HIPOTETYCZNE DLA WYSTĄPIEŃ ŻŁÓŻ ZŁOTA W KARPATACH

Żadnego z opisanych obszarów wystąpień złota jak i przejawów złota okrucowego w Karpatach nie można rozpatrywać jako ewentualny obszar perspektywiczny. Obszary te nie mają obecnie znaczenia złożowego. Miejsca ze złotem okrucowym stanowią cenną przesłankę poszukiwawczą dla określenia wielkości i charakteru wystąpień złota pierwotnego związanych z wulkanizmem andezytowym Pienińskiego Pasa Skałkowego (G. Wżar i G. Jarmuta) (Wojciechowski, 1950, 1955), krystaliniku Tatr Zachodnich (masyw Ornaku; Paulo, 1970) czy utworów fliszowych w obrębie łuski Bystrego (Wojciechowski, 2003b) (Mapa 11).

Wykształcenie i wielkość wystąpień złota okrucowego i antropogenicznego po polskiej stronie Karpat nie dają podstaw do wydzielenia w tej części kraju żadnych rejonów perspektywicznych. Na obecnym etapie rozpoznania można je uznać za mające znaczenie mineralogiczne i ogólnie poznawcze oraz jako wskazówkę poszukiwawczą. Podobnie opisane i zarzucone złożo z żyłami epitermalnymi w rejonie Szczawnicy czy okruszcowanie polimetaliczne na Ornaku w Tatrach. Miejsca te, będące kiedyś obszarem działalności górniczej, obecnie są zlokalizowane w dwóch parkach narodowych, gdzie jakiegokolwiek prace poszukiwawczo-wiertnicze za hipotetycznymi rudami Au są niemożliwe do realizacji ze względu na ochronę środowiska. Punkty te mają jedynie znaczenie hipotetyczne i metalogiczne, a ich hipotetyczne zasoby nie mogą być obecnie przedmiotem żadnych prac prospekcyjnych. Z kolei obszar wystąpień mineralizacji As-Hg w utworach fliszowych łuski Bystrego w rejonie Baligrodu zawiera zaledwie ślady Au. Rozpoznanie tej strefy wymagałoby kilku kosztownych wierceń poszukiwawczych dla ewentualnego odkrycia hipotetycznych żył epitermalnych (Au-Ag czy Au-Sb) zalegających w głębszych partiach górotworu. Dlatego również i ten obszar można zaliczyć do obszarów hipotetycznych.

6. PODSUMOWANIE

W szczegółowo omówionych regionach perspektywicznych można spodziewać się wystąpień kilku typów złóż złota. Jednak ze względu na różny stopień rozpoznania wgłębnych struktur złotonośnych w Polsce ewentualne poszukiwania w niektórych obszarach są obarczone szczególnie dużym ryzykiem. Czynnikiem pozytywnym ułatwiającym podjęcie prospekcji jest wysoka cena złota.

Perspektywiczne są nagromadzenia złota typu stratoidalnego w paragenzie z hematytem występujące w utlenionych piaskowcowo-węglanowo-ilastych osadach pogranicza czerwonego spągowca i cechsztynu na obszarze monokliny przedsudeckiej oraz w niecce północnosudeckiej (Mapa 7). Uwzględniając wszystkie zgromadzone wyniki, należy stwierdzić, iż w obecnych, wczesnych etapach rozpoznawania omawianego typu złóż, jedynie dwa rejony występowania mineralizacji Au mogą znaleźć się w kręgu zainteresowania występujących o koncesje poszukiwawcze i (lub) wydobywcze: (1) Nowy Kościół-Lena, gdzie okruszcowanie występuje w warunkach przypowierzchniowych lub na korzystnej głębokości do kilkuset metrów (rejon ten był już przedmiotem koncesji poszukiwawczej); oraz (2) złoża Polkowice-Sieroszowice, a także inne rejony występowania złotonośnych utworów utlenionych w zachodniej części obszaru dokumentacyjnego Lubin-Sieroszowice, gdzie możliwe jest zagospodarowanie złóż miedziowo-srebrowych z uwzględnieniem złota i platynowców.

Zasoby perspektywiczne tych stratoidalnych nagromadzeń złota na obecnym etapie rozpoznania są bardzo trudne do oszacowania. Aktualnie tego typu wystąpienia złota nie są nigdzie przedmiotem wydobywania i brak jest dla tego typu mineralizacji zweryfikowanego modelu genetycznego. Tym niemniej, w wydzielonych na monoklinie przedsudeckiej obszarach perspektywicznych, ilość występującego złota jest oceniana na setki ton, a w niecce północnosudeckiej do ok. 40 Mg Au. Jednak duża nieregularność wystąpień drobnodispersyjnego złota rodzimego w utworach utlenionych bardzo ogranicza prawidłowe oszacowanie zasobów Au. W wielu miejscach głębokość występowania „gniazd” złotonośnych przekracza 1250 m, a średnia ważona zawartość jest mniejsza od wymaganej kryteriami bilansowości wartości 2,5 ppm Au. Według aktualnych doświadczeń z kopalń KGHM PM S.A., wydobywanie złota ze skał utlenionych jest uzasadnione ekonomicznie jedynie przy okazji wydobywania siarczkowych rud miedziowo-srebrowych, które występują powyżej stref złotonośnych. Udokumentowanie tego typu samodzielnych złóż złota przy aktualnie obowiązujących kryteriach bilansowości nie wydaje się obecnie możliwe. Istotny jest również brak dostatecznie przetestowanej technologii jego odzysku. W rejonie Nowego Kościoła-Boguszowa w niecce północnosudeckiej mineralizacja tego typu zalega stosunkowo płytko, dlatego możliwa jest weryfikacja dotychczasowych szacunków zasobowych kilkoma płytkimi wierceniami.

Istotne perspektywy wystąpień żyłowych złóż złota istnieją w Sudetach, gdzie stwierdzono obecność niewielkich orogenicznych złóż żyłowych złota, występujących w zmetamorfizowanych osadowo-wulkanicznych formacjach paleozoicznych. Złoża te wymagają dalszej penetracji płytkimi wierceniami. W południowej części struktury kaczawskiej najbardziej perspektywiczny jest obszar skataklazowanych łupków paleozoicznych o szerokości ok. 10 km i długości ok. 50 km na odcinku od Ubocza po Mysłów (Mapa 3). Można spodziewać się w nim zasobów perspektywicznych złota nie tylko w obrębie starych obszarów kopalnictwa Au, ale również pomiędzy tymi obszarami, gdzie żyły złotonośne nie występują na powierzchni. Strefy żył rudnych utworzyły się najprawdopodobniej na całym obszarze wystąpień sfałdowanych i słabo zmetamorfizowanych łupków (grafitowych i/lub zieleńcowych), będących obiektem penetracji przez późnowaryscyjskie pomagmowo-metamorficzne roztwory hydrotermalne. Podobnie w rejonie

opuszczonego złoża w Radzimowicach, w strefie górnokarbońskiej intruzji porfirów, istnieją możliwości wystąpień nieodkrytych dotychczas mezo- i epitermalnych żył kwarcowo-siarczkowych ze złotem. Szacunkowe zasoby perspektywiczne dla rejonu południowokaczawskiego wynoszą ok. 4-8 Mg Au, a zasoby hipotetyczne ponad 10 Mg Au. Dodatkowo, żyły złotonośne oprócz złota zawierają stosunkowo wysokie koncentracje srebra (np. w Radzimowicach >100 ppm) oraz innych metali, takich jak np. miedź, cynk, ołów, bizmut czy kobalt, które podnoszą wartość ewentualnych złóż. Problemem jest odzysk złota, które występuje głównie w formie drobnodyspersyjnej i drobnoziarnistej w siarczkach, co wymaga ługowania szkodliwymi substancjami chemicznymi. Obszar Gór Kaczawskich jest obszarem perspektywnym dla wystąpień złóż złota i powinien być przedmiotem nowoczesnych prac poszukiwawczych, uwzględniających aspekty ochrony środowiska naturalnego, zarówno na etapie poszukiwań, jak i podczas ewentualnej przeróbki rud, która w przypadku tzw. trudnowzbogacalnych rud siarczkowych niesie zagrożenie dla środowiska.

W strefach wokół wystąpień waryscyjskich intruzji granitoidowych i porfirowych, zarówno w Sudetach, jak i w strefie kontaktu bloku małopolskiego z blokiem górnośląskim, istnieją perspektywy wystąpień złóż złota typu kontaktowo-metasomatycznego (skarny, berezyty) i żyłowego (Mapa 3; 9). W dawnych obszarach sudeckiego górnictwa złotonośnych rud siarczkowych (Złoty Stok, Czarnów) istnieją szanse na udokumentowanie nowych zasobów rud siarczkowych złota (tzw. rud trudnowzbogacalnych), zalegających w postaci gniazd, soczewek czy różnych pod względem stopnia okruszczenia żył kwarcowych w głębszych partiach, nie odsłaniających się na powierzchni. Szczególnie interesujące są obszary wokół intruzji kłodzko-złotostockiej: w północno-zachodniej (Bardo Śląskie, Dębówka) i wschodniej części jej osłony (Ptasznik, Droszków-Skrzynka), jak również rejon na bloku przedsudeckim wzdłuż uskoku sudeckiego brzeźnego oraz rejon wschodniej osłony metamorficznej intruzji karkonoskiej - na odcinku od Czarnowa poprzez Rędziny do Miedzianki. Można oczekiwać tam wystąpień koncentracji złota (od 1 do 10 ppm Au), głównie w metasomatycznych i żyłowych rudach siarczkowych, które lokalnie mogły utworzyć złoża złota, jednak o stosunkowo niewielkich zasobach perspektywicznych (każde ciało rudne o zasobach od kilkudziesięciu do kilkaset kg Au) i zasobach hipotetycznych złóż Au co najmniej 2-5 Mg Au, zalegających na głębokościach od kilkudziesięciu do kilkuset metrów.

W strefie kontaktu bloku małopolskiego z blokiem górnośląskim najbardziej perspektywiczne są obszary Doliny Będkowskiej, Pilicy i Mysłowa (Mapa 9), gdzie w pojedynczych próbkach rdzeni z głębokości od ok. 250 do 600 m stwierdzone zostały koncentracje złota do kilkunastu ppm w żyłkach kwarcowo-siarczkowych, związanych ze strefami peryferycznymi wokół górnokarbońskich intruzji granitoidowych. Aplikacja modelu ilościowego wg Coxa i Singera (1986) dla złóż złota typu porfirowego Cu-Au i Cu-Mo-Au wskazuje na możliwość istnienia zasobów rud od 50 do 2000 mln Mg oraz zawartości Au w granicach 0,1-1 ppm. Konieczne jest dokładniejsze rozpoznanie stref złotonośnych szczególnie w rejonach Doliny Będkowskiej i Pilicy.

Obszarami hipotetycznymi dla wystąpień złóż złota są słabo rozpoznane pod przykryciem utworów kenozoicznych jednostki bloku przedsudeckiego (rejon Wądroża Wielkiego) oraz Sudetów Wschodnich. W rejonie Głuchołazów istnieją szanse na przedłużanie się występujących w Czechach złóż siarczkowych ze złotem typu SEDEX (Mapa 3).

W Karpatach wydzielono 2 obszary hipotetyczne w utworach fliszowych łuski Bystrego - w rejonie Rabe-Baligród oraz w Pieninach - w rejonie Gór: Wżar i Jarmuta. Aktualnie nie przewiduje się tam żadnych prac, ze względu na aspekty ochrony środowiska.

Za najbardziej perspektywiczne obszary występowania złota okrucowego i antropogenicznego (technogenicznego) w Sudetach i na bloku przedsudeckim uznano (Mapa 5):

- (i) wododział Bobru i Kaczawy oraz wschodnią część wododziału Bobru i Kwisy (obszar Lwówek Śląski-Bolesławiec-Złotoryja, powierzchnia ok. 760 km²),
- (ii) część doliny Oldzy w jej dolnym biegu wraz z doliną potoku Rybnik (obszar Gryfów Śląski, powierzchnia ok. 9 km²).

W obu tych rejonach, złoto okrucowe i antropogeniczne stanowi kopalinę towarzyszącą kruszywu naturalnemu. Przeprowadzona analiza danych wykazała nikłe szanse na udokumentowanie samoistnych złóż złota okrucowego w tych rejonach przy zastosowaniu aktualnych kryteriów bilansowości. W Karpatach przejawy wystąpień złota okrucowego mają jedynie znaczenie mineralogiczne i wskaźnikowe.

Podziękowanie: *Autorzy pragną serdecznie podziękować prof. dr hab. A. Paulo za wnikliwą recenzję i cenne uwagi do opracowania.*