



# POLSKA GEOTERMALNA ASOCJACJA

POLISH GEOTHERMAL ASSOCIATION

30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30 paw B3, pok. 206, POLAND

Tel. +48 12 6173413, Fax. +48 12 6173113, e-mail: zimny@imir.agh.edu.pl

---

## Potencjał energii geotermalnej Polski i Niemiec –stan na 2005 rok.

**Prof. dr hab. inż. Jacek Zimny**

Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Akademia Górniczo Hutnicza w Krakowie

### 1. Wprowadzenie

Zasoby dostępne energii geotermalnej (ARB) określają ilość energii cieplnej zawartej w skorupie ziemskiej, w odniesieniu do średniej rocznej temperatury na powierzchni terenu eksploatowanego [4].

Są one szacowane do różnych głębokości, zależnych od warunków technicznych i ekonomicznych możliwej eksploatacji.

Powszechnie w Europie i Polsce stosuje się oszacowanie do głębokości 3000m. Ostatnie obliczenia zasobów energii cieplnej i potencjału energetycznego (PJ) do głębokości 3000m dla obszaru całej Polski, przeprowadzone na potrzeby władz państwowych, przedstawiono w roku 2001 (J. Sokołowska, J. Sokołowski, J. Zimny) [6,1,2,7,10,12].

Ponieważ w okresie ostatnich 5 lat, koszt surowców energetycznych i energii cieplnej wzrósł przeszło o 100%, a także zasoby surowcowe kopalin są coraz mniejsze – powstała konieczność eksploatacji kopalin z głębszych poziomów wydobywczych.

Stąd zachodzi pilna potrzeba weryfikacji obliczeń dla głębokości 3000m, jak również przedstawienia oceny zasobów geotermalnych do głębokości 5000m i 7000m – tak jak czyni się to już powszechnie w świecie i krajach Unii Europejskiej.

### 2. Polskie prowincje geotermalne

Na rys. 1 przedstawiono mapę prowincji i okręgów geotermalnych Polski wg J. Sokołowskiego [9] wraz z podanym szacunkiem potencjalnych zasobów wód geotermalnych w mln m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, tpu/km<sup>2</sup> oraz potencjałem energetycznym energii cieplnej w nich zawartej (mln tpu) [1,8].

---

Stowarzyszenie wpisane pod numerem KRS: 0000071056

Nr konta: BOŚ 46 1540 1115 2044 6070 5574 0001

NIP 677-17-11-239, REGON: 350833720



# POLSKA GEOTERMALNA ASOCJACJA

POLISH GEOTHERMAL ASSOCIATION

30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30 paw B3, pok. 206, POLAND

Tel. +48 12 6173413, Fax. +48 12 6173113, e-mail: zimny@imir.agh.edu.pl

---

### 3. Metodyka oceny zasobów, wyniki.

Praca zawiera wyniki oszacowania (ARB), tj. dostępnych zasobów ciepła geotermalnego w Polsce, oraz porównanie ocen zasobów tej energii przeprowadzonych po roku 1985 według metodologii stosowanej w Polsce, opracowanej przez J. Sokołowską [6] i prof. J. Sokołowskiego [6,11] oraz sposobu obliczeń przyjętego w Unii Europejskiej [4]. Ogromną pomoc w weryfikacji obliczeń dla Polski przynoszą najnowsze dane rządu Niemiec [14].

Zasoby dostępne energii geotermalnej (ARB) w Polsce obliczono dla głębokości 3km, 5km i 7km, zgodnie z dotychczasowymi standardami [1,3,6,8,11].

W obliczeniach przyjęto stałą pojemność cieplną skał ( $2,5 \text{ MJ/m}^3$ ) [10]. Dla objętości górotworu o powierzchni  $1\text{m}^2$  i wysokości 3km, 5km i 7km obliczono pojemność cieplną która odpowiednio wynosi 7,5GJ, 15,5GJ oraz 17,5GJ. [5,6].

Następnie obliczono zasoby energii cieplnej przypadające na  $1\text{m}^2$  w poszczególnych jednostkach geologicznych w funkcji głębokości [6].

Obliczenia potencjału energetycznego poszczególnych 9 okręgów geotermalnych Polski, o łącznej powierzchni 250 tys.  $\text{km}^2$  – stanowiących 80% powierzchni kraju przedstawiono w tabeli 1.[8,9,10]

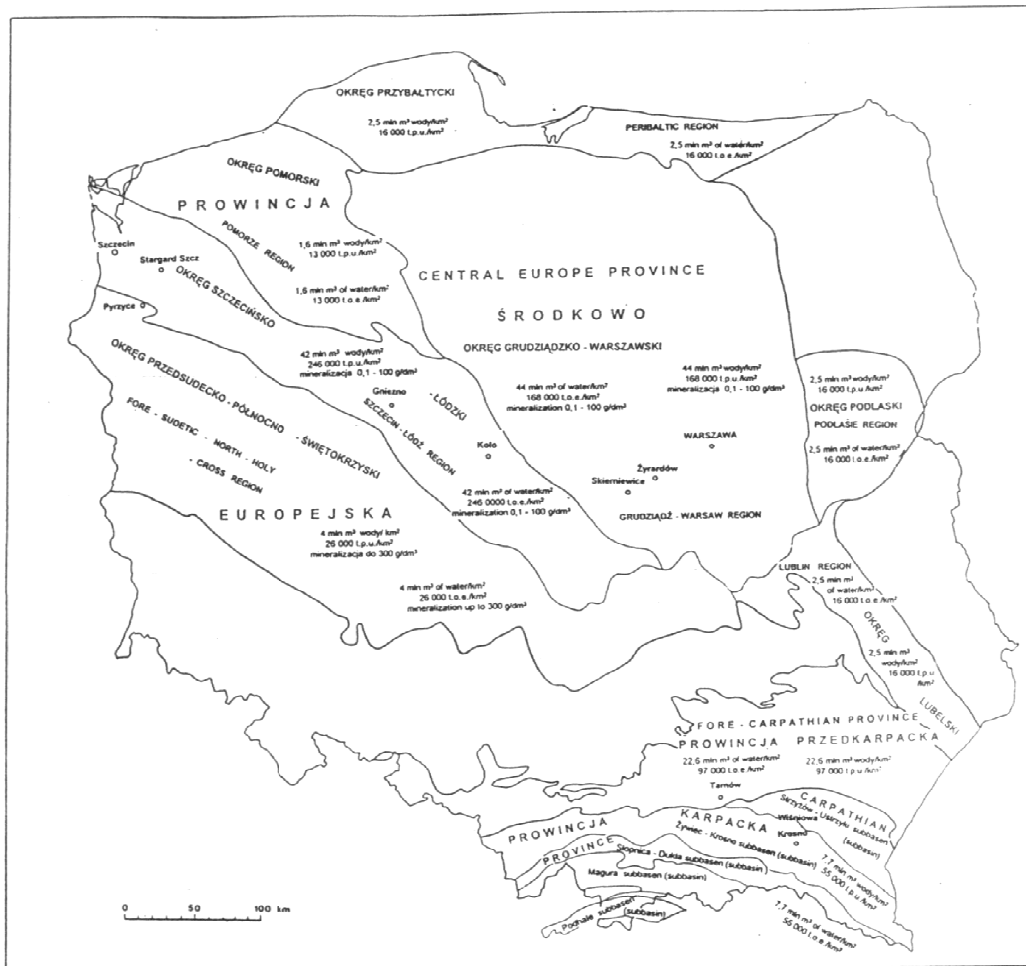


# POLSKA GEOTERMALNA ASOCJACJA

POLISH GEOTHERMAL ASSOCIATION

30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30 paw B3, pok. 206, POLAND

Tel. +48 12 6173413, Fax. +48 12 6173113, e-mail: zimny@imir.agh.edu.pl



## 1. MAPA ZASOBÓW, REZERW I POTENCJALNYCH OBSZARÓW WÓD GEOTERMALNYCH I ENERGII CIEPLNEJ W NICH ZAWARTEJ TERENU POLSKI

wg R. Neya, J. Sokołowskiego, 1987

MAP OF RESOURCES, RESERVES AND POTENTIAL AREAS OF OCCURRENCE OF GEOTHERMAL WATER AND ITS THERMAL ENERGY ON THE POLISH TERRITORY  
after R. Ney and J. Sokołowski, 1987

	Powierzchnia [tys. km <sup>2</sup> ]	Zasoby wód [km <sup>3</sup> ]	Zasoby wód [mln t.p.u.]	Rezerwy	Potencjalne obszary
PROWINCJA ŚRODKOWOEUROPEJSKA	222	6 225	32 458		
Okręg grudziądzko - warszawski	70	2 766	9 835	Zyrardów	Skiermiewice
Okręg szczeciński - łódzki	67	2 580	16 627		Gniezno, Kolo, Stargard Szczeciński
Okręg przedśudecko - północno-świętokrzyski	39	155	995		
Okręg pomorski	12	21	162		
Okręg lubelski	12	30	193		
Okręg przybaltycki	15	38	241		
Okręg podlaski	7	17	113		
PROWINCJA PRZEDKARPACKA	16	362	1 555		Tarnów, Krosno, Wiśniowa
PROWINCJA KARPACKA	13	100	714	Subbasen podhalański	
	251	6 687	34 727		

Stowarzyszenie wpisane pod numerem KRS: 0000071056

Nr konta: BOŚ 46 1540 1115 2044 6070 5574 0001

NIP 677-17-11-239, REGON: 350833720



# POLSKA GEOTERMALNA ASOCJACJA

POLISH GEOTHERMAL ASSOCIATION

30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30 paw B3, pok. 206, POLAND

Tel. +48 12 6173413, Fax. +48 12 6173113, e-mail: zimny@imir.agh.edu.pl

Tabela 1 Zasoby dostępne energii geotermalnej (ARB) w wydzielonych okręgach geotermalnych Polski (gorąca woda, gorące skały) wg J. Sokołowskiego [8,9,10].

Nr okręgu	Nazwa okręgu geotermalnego	$\Delta T [^{\circ}C]$			$GJ/m^2$			Powierzchnia $\times 10^9 [m^2]$	Zasoby en. geot. $ARB \times 10^{21} [J]$		
		3km	5km	7km	3km	5km	7km		3km	5km	7km
1	Grudziądzko-warszawski	70	115	160	260	720	1400	70	18	50	98
2	Szczecińsko – łódzki	85	140	195	320	870	1700	67	21	58	110
3	Przedsudecki	90	150	210	340	940	1800	39	13	37	70
4	Pomorski	65	110	150	240	690	1300	12	3	8	16
5	Lubelski	80	130	180	300	810	1600	12	4	10	19
6	Bałtycki	65	105	145	240	650	1300	15	4	10	20
7	Podlaski	65	105	145	240	650	1300	7	2	5	9
Razem 1-7	Prowincja środkowo-europejska średnio:	77	128	176	290	800	1540	łącznie: 222	65	178	342
8	Przedgórze Karpat	80	135	190	300	840	1700	16	5	13	27
9	Karpaty	70	115	160	260	720	1400	13	3	9	18
Razem 1-9	Średnio	77	128	176	290	800	1540	łącznie: 251	73	200	387

Po przeprowadzeniu obliczeń cząstkowych i zsumowaniu, łączne zasoby dostępne energii geotermalnej (ARB) w Polsce, na powierzchni około 250 tys. km<sup>2</sup> w wydzielonych jednostkach geograficznych (okręg 1-9, Tab. 1) wynoszą: [7÷12,1,3]

- 1) do głębokości 3km – potencjał energii:  $73 \cdot 10^{21} [J] \approx 75 \cdot 10^6 [PJ]$
- 2) do głębokości 5km – potencjał energii:  $200 \cdot 10^{21} [J] \approx 200 \cdot 10^6 [PJ]$
- 3) do głębokości 7km – potencjał energii:  $387 \cdot 10^{21} [J] \approx 390 \cdot 10^6 [PJ]$

Zasoby energii cieplnej zawarte w wodach geotermalnych Polski, oszacowane przez zespół prof. J. Sokołowskiego (Tab. 1), przeliczono również według metodyki Unii Europejskiej dla celów porównawczych (J. Sokołowska, A. Tomaszewski, W. Górecki). Wyniki tych ocen przedstawia tablica 2.[1,6,11]

Stowarzyszenie wpisane pod numerem KRS: 0000071056

Nr konta: BOŚ 46 1540 1115 2044 6070 5574 0001

NIP 677-17-11-239, REGON: 350833720



# POLSKA GEOTERMALNA ASOCJACJA

POLISH GEOTHERMAL ASSOCIATION

30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30 paw B3, pok. 206, POLAND

Tel. +48 12 6173413, Fax. +48 12 6173113, e-mail: zimny@imir.agh.edu.pl

Tabela 2 Zasoby  $H_0$  i  $H_1$  energii cieplnej zawartej w wodach geotermalnych Polski wg J. Sokołowskiego [8,9,10].

Nr okręgu	Okręg terytorialny	Średnie zasoby $H_0$ na $1m^2$		Średnie zasoby $H_1$ na $1m^2$	
		kg p.u.	GJ	kg p.u.	GJ
1	Grudziądzko-warszawski	550	16	140	4,1
2	Szczecińsko-łódzki	870	25	250	7,3
3	Przedsudecki	80	2,5	23	0,7
4	Pomorski	50	1,5	14	0,4
5	Lubelski	60	1,5	16	0,5
6	Bałtycki	50	1,5	14	0,4
7	Podlaski	30	1,2	10	0,3
8	Przedgórze Karpat	320	9	85	2,5
9	Karpaty	170	5	50	1,4
	Razem Polska, średnio	450	13	120	3,5

Zasoby  $H_0$  i  $H_1$  oszacowane dla powierzchni geotermicznej Polski (wynoszącej 250 tys.  $km^2$ ), jak na mapie (rys 1) – z rozpoznanymi poziomami wodonośnymi i gorącymi skałami, do głębokości 3km, wynoszą łącznie [7,8,9,10,11]:

a) Ilość ciepła w zbiornikach geotermalnych Polski

$$H_{0(3)} = 3200 \cdot 10^{18} [J] = 110 \cdot 10^{12} \text{ kg p.u.} = 110 \cdot 10^9 \text{ t p.u.} \approx 130 \text{ mld ton węgla}$$

b) Zasoby rozpoznane energii geotermalnej w Polsce

$$H_{1(3)} = 880 \cdot 10^{18} [J] = 30 \cdot 10^{12} \text{ kg p.u.} = 30 \cdot 10^9 \text{ t p.u.} \approx 36 \text{ mld ton węgla}$$

Stanowią one odpowiednio 4,2% i 1,2% dostępnej bazy zasobów (ARB) obliczonych do głębokości 3km [7÷10].

Analogiczne szacunkowe obliczenia ilości energii (potencjał energetyczny) w Polsce dla większych głębokości zbiorników wód geotermalnych wynoszą: [8,9,10]

– dla głębokości 5km

$$H_{0(5)} = 5400 \cdot 10^{18} [J] = 190 \cdot 10^{12} \text{ kg p.u.} = 190 \cdot 10^9 \text{ t p.u.} \approx 230 \text{ mld t węgla}$$



# POLSKA GEOTERMALNA ASOCJACJA

POLISH GEOTHERMAL ASSOCIATION

30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30 paw B3, pok. 206, POLAND

Tel. +48 12 6173413, Fax. +48 12 6173113, e-mail: zimny@imir.agh.edu.pl

$$H_{1(5)}=1400 \cdot 10^{18} [\text{J}] = 50 \times 10^{12} \text{ kg p.u.} = 50 \cdot 10^9 \text{ t p.u.} \approx 60 \text{ mld t węgla}$$

– dla głębokości 7km wynoszą:

$$H_{0(7)}=7500 \cdot 10^{18} [\text{J}] = 260 \times 10^{12} \text{ kg p.u.} = 260 \cdot 10^9 \text{ t p.u.} \approx 300 \text{ mld t węgla}$$

$$H_{1(7)}=2060 \cdot 10^{18} [\text{J}] = 70 \times 10^{12} \text{ kg p.u.} = 70 \cdot 10^9 \text{ t p.u.} \approx 70 \text{ mld t węgla}$$

#### 4. Jaka jest sytuacja geoenergetyczna Polski w Europie?

Analizując przedstawione zasoby i potencjał geoenergetyczny Polski wynikający z wieloletnich badań w zestawieniu z innymi krajami Europy np. szczegółowymi mapami geologicznymi Europy można stwierdzić (rys. 2), że Polska ma największe w Europie zasoby geotermalne (powierzchniowo: 80% terytorium, ilościowo: około 3 razy więcej jak Niemcy) [12,13].

Główna oś termiczna „rowu geotermalnego” przebiega od Islandii przez Danię, północno-wschodnie Niemcy, Polskę, Ukrainę przez morze Czarne do Turcji (Oś: Reykiawik – Szczecin – Łódź – Rzeszów -Ankara) [12].

W Europie wschodniej tylko Niemcy opublikowali w 2004r. analogiczne badania oceny zasobów i potencjału geoenergetycznego swojego kraju [14].

Opublikowany we wrześniu 2004 roku przez rząd Niemiec oficjalny dokument –program rozwoju energetyki geotermalnej w Niemczech, potwierdza polskie wyniki badań i analiz, które wyglądają następująco (tabela 3) [1,3,8,12].

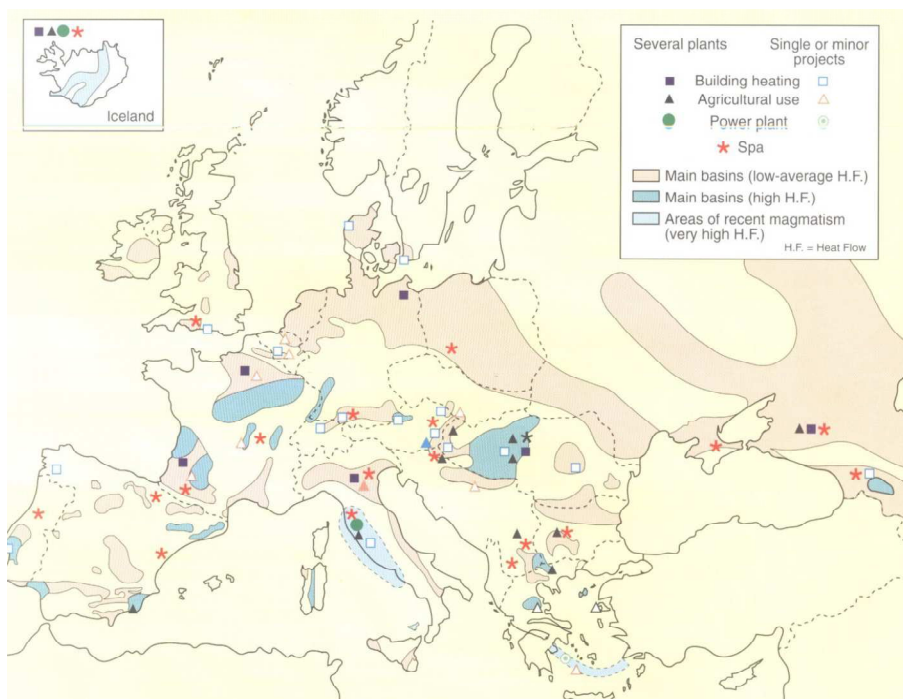


# POLSKA GEOTERMALNA ASOCJACJA

POLISH GEOTHERMAL ASSOCIATION

30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30 paw B3, pok. 206, POLAND

Tel. +48 12 6173413, Fax. +48 12 6173113, e-mail: zimny@imir.agh.edu.pl



Rys. 2 Zasoby energii geotermalnej w Europie [13].

Tabela 3 Zestawienie danych i porównanie potencjału geotermalnego Polski i Niemiec.

Obszar geotermalny	Liczba mieszkańców w/ powierzchnia geotermalna [os./km <sup>2</sup> ]	Teoretyczny potencjał geotermalny (ARB) =DZG [EJ] =1018J	Techniczny potencjał geotermalny (0,5-2% ARB) [PJ] =1015J	Roczny potencjał geotermalny (50lat) [PJ/rok/50lat]	Zapotrzebowanie krajowe (2004) [PJ]	Krotność: techn. poten. geot./zapotrzebowanie roczne (4):(6)	Źródła danych
1	2	3	4	5	6	7	8
Niemcy łącznie (D)	90mln/125 000 =720	a) 42 000 (3km)	a) 198 000 (3km)	a) 3 960	15 600	a) 13	[14,15]
Polska łącznie (PL)	36mln/250 000 =144	a) 73 000 77 500* b) 200 000 c) 387 000	a) 625 000** 730 000 b) 2 000 000 c) 3 870 000	a) 14 600 b) 40 000 c) 77 400	4 000	a) 182 b) 500 c) 967	[1,6,7, 8,11,12]
	PL:D=0,2 D:PL=5	PL:D=1,73 4,76 9,21	PL:D= 3,7 10,1 11,5	PL:D= 3,7 10,1 11,5	PL:D= 0,26	PL:D=14	

a) dla głębokości 3km, b) dla głębokości 5km, c) dla głębokości 7km

[\*W. Górecki 1995, \*\*J. Zimny 2001]

Stowarzyszenie wpisane pod numerem KRS: 0000071056

Nr konta: BOŚ 46 1540 1115 2044 6070 5574 0001

NIP 677-17-11-239, REGON: 350833720



# POLSKA GEOTERMALNA ASOCJACJA

POLISH GEOTHERMAL ASSOCIATION

30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30 paw B3, pok. 206, POLAND

Tel. +48 12 6173413, Fax. +48 12 6173113, e-mail: zimny@imir.agh.edu.pl

## 5. Podsumowanie

- 1) Według prac ośrodków naukowych w Polsce oraz ocen Departamentu Geologii Ministerstwa Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych (1995) potencjał energetyczny zasobów wód geotermalnych Polski do 3km głębokości ocenia się na przeszło 100 mld ton paliwa umownego (t.p.u.); a ponad 80% powierzchni Polski zajmują baseny geotermalne [1,6,9].
- 2) Przeprowadzone w ostatnich latach (2001-2005) ponowne obliczenia zasobów geotermalnych Polski potwierdzają te dane. Według J. Sokołowskiego i J. Sokołowskiej (PAN, Zakład Geosynoptyki i Geotermii, Kraków) ilość ciepła wód geotermalnych do głębokości 3km wynosi  $110 \cdot 10^9$  t p.u. co odpowiada 130 mld ton węgla (2001) [6÷12]. Jest to potencjał energii wynoszący ok. 75 mln petadżuli [ $1PJ=10^{15}J$ ]. Potencjał zasobów technicznie możliwych do wykorzystania w Polsce przyjęty aktualnie na poziomie 1% wynosi 730 000 PJ. Według danych GUS (2003) całkowite roczne zużycie energii pierwotnej w Polsce wyniosło około 4000 PJ.
- 3) Stąd rzeczywisty, techniczny potencjał energetyczny wód geotermalnych do głębokości 3km w Polsce, możliwy do wykorzystania w praktyce (z uwzględnieniem istniejących, zamrożonych i perspektywicznych odwiertów PGNiG) jest blisko 200 razy większy niż roczne potrzeby energetyczne Polski [12] (tab.3, kol.7).
- 4) Ostatnie badania polskie (J. Sokołowski, J. Sokołowska, A. Tomaszewski, J. Zimny) – określające potencjał energetyczny zasobów geotermalnych według standardów polskich oraz Unii Europejskiej (z uwzględnieniem gorących skał) do głębokości 5 km i 7km- zwiększają te dane 2-4 krotnie (tab.3, kol.7).
- 5) W świetle przedstawionych badań i analiz porównawczych można jednoznacznie stwierdzić, iż Polska może być w krótkim czasie samowystarczalna energetycznie z zasobów energii geotermalnej; zaś potencjał technicznie możliwy do wykorzystania przekracza 400-600 razy roczne potrzeby energetyczne państwa na surowce energetyczne pierwotne.



# POLSKA GEOTERMALNA ASOCJACJA

POLISH GEOTHERMAL ASSOCIATION

30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30 paw B3, pok. 206, POLAND

Tel. +48 12 6173413, Fax. +48 12 6173113, e-mail: zimny@imir.agh.edu.pl

---

## Literatura:

1. Górecki W.; Atlas zasobów energii geotermalnej na niżu Polskim. GEOS AGH, Kraków 1995.
2. Górecki W.; Metodyka oceny zasobów energii i wód geotermalnych. GEOS, Kraków 1993.
3. Małolepszy Z. (red); Energia geotermalna w kopalniach podziemnych. Prace Wydziału Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, nr 17, 2002.
4. Muffler L.J., Cattaldi R.; Methodology for regional assesment of geothermal resources. Geothermics, vol.7, nr 2/4, Pisa, Italia 1977.
5. Plewa S.; Termiczne własności skał. PIG, Warszawa 1972.
6. Sokołowska J.; Metodyka poszukiwania złóż kopaliny płynnych. Studia i rozprawy PAN, CPPGSMIE, Kraków 1991, nr 10.
7. Sokołowska J.; Ocena zasobów geotermalnych. Materiały Polskiej Szkoły Geotermalnej. III Kurs. Kraków –Straszęcín 1997.
8. Sokołowski J.: Geotermalny potencjał Polski. CPPGSMIE PAN. Kraków 1995 (zastrzeżone).
9. Sokołowski J.; Prowincje, baseny i zbiorniki geostrukturalne, geotermalne i ropogazonośne Polski. CPPGSMIE PAN. Kraków 1985 (zastrzeżone)
10. Sokołowski J. (red); Metody oceny zasobów i zasady projektowania zakładów geotermalnych. CPPGSMIE PAN, Kraków 1996.
11. Sokołowski J., Tomaszewski A.; Ocena potencjalnych zasobów energii cieplnej wód geotermalnych w utworach kredy i jury niżu polskiego. CPPGSMIE PAN, Kraków-Warszawa, 1995, (zastrzeżone niepublikowane).
12. Sokołowski J., Zimny J. Kozłowski R.; Polska XXI wieku nowa wizja i strategia rozwoju, Wydawnictwo Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego, Warszawa 2005.
13. Commission of the European Communities. Directorate General XVII for Energy. The several uses of low temperature geothermal energy for heating. 1992, Brusseles.
14. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Umweltpolitik. Geothermie –Energie für die Zukunft. 2004, Berlin.
15. International Energy Agency. Germany's Total Primary Energy Production (TPEP) and Total Primary Energy Consumption (TPEC). 2005.

---

Stowarzyszenie wpisane pod numerem KRS: 0000071056

Nr konta: **BOŚ 46 1540 1115 2044 6070 5574 0001**

**NIP 677-17-11-239, REGON: 350833720**