

Julian SOKOŁOWSKI

Polska Geotermalna Asocjacja

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN

30-950 Kraków 65, ul. J. Wybickiego 7

tel/fax (+48 12) 632-24-35

e-mail: pga@min-pan.krakow.pl

technika Poszukiwań Geologicznych Geosynoptyka i Geotermia nr 4-5/99

MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA WÓD GEOTERMALNYCH W TRZECH PROWINCJACH EUROPY PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ I CENTRALNEJ STYKAJĄCYCH SIĘ W REJONIE KRAKOWA

STRESZCZENIE

Polska, a szczególnie miasto Kraków, zajmują wyjątkową pozycję w skali europejskiej. Na terenie Polski występują trzy prowincje ropo-gazonośno-geotermalne mające swoje rozprzestrzenienie w Europie północno-zachodniej i środkowej. Są to: **epiplatformowa prowincja północno-zachodniej i centralnej Europy**, rozprzestrzeniona na obszarze Morza Północnego i jego obrzeży, Holandii, Danii, północnych Niemiec, Polski, zachodnich rejonów Ukrainy i Białorusi oraz na Litwie, Łotwie, Estonii i okręgu kaliningradzkim Rosji; **przedgórska prowincja przedkarpicka**, rozciągająca się od Austrii przez Morawy, Polskę, Ukrainę i Rumunię; **orogeniczna prowincja fliszowa Karpat**, ciągnąca się od Austrii i Moraw przez południowe obszary Polski, południowo-zachodnie obszary Ukrainy oraz wschodnie rejony Rumunii.

Punkty stykowe tych trzech ważnych prowincji geotermalnych znajdują się w rejonie Krakowa. Północne obszary miasta przynależą do prowincji Europy północno-zachodniej i centralnej, centralne rejony miasta należą do prowincji przedgórskiej Karpat, a południowe rejony miasta przynależne są do prowincji karpackiej i przedkarpickiej. Przez obszar Krakowa przebiegają też linie tektoniczne o kierunkach: NW-SE i W-E. Ta wyjątkowa pozycja geologiczna Krakowa upoważnia nas, pracujących w tym mieście, do podjęcia działań zmierzających do wspólnych międzynarodowych dyskusji nad sposobami optymalnego zagospodarowania wód geotermalnych znajdujących się w wymienionych trzech prowincjach.

Największą i najstarszą prowincją jest prowincja epiplatformowa Europy północno-zachodniej i centralnej, w której wody geotermalne występują w basenach: **kambryjskim** (północno-wschodnie rejony Polski, okręg kaliningradzki Rosji, Litwa, Łotwa, Estonia i zachodnie obszary Białorusi), **dewońsko-karbońskim** (Pomorze, Lubelszczyzna, Małopolska, Śląsk), **permskim** (Polska zachodnia i centralna, Niemcy, Holandia i południowe rejony Morza Północnego w sektorze brytyjskim), **triasowym** (Polska, północna część Niemiec i Holandia), **jurajskim** (Polska, północno-zachodnie rejony Niemiec, Dania, Holandia i wschodnie rejony Wielkiej Brytanii), **kredowym** (Polska, północno-zachodnie rejony Niemiec, Dania, Holandia i wschodnie rejony Wielkiej Brytanii).

W prowincji przedkarpickiej baseny z wodami geotermalnymi znajdują się w utworach **miocenu** oraz w utworach **kredowych, jurajskich, triasowych, karbońsko-dewońskich i kambryjskich**, stanowiących przedłużenie prowincji epiplatformowej, a obecnie tworzących podłoże utworów miocenijskich prowincji przedgórskiej.

W prowincji karpackiej baseny wód geotermalnych występują w utworach fliszowych jednostek: **inoceramowej, śląskiej, podśląskiej, dukielsko-użockiej i magurskiej** oraz w utworach eoceńskich i mezozoicznych Karpat Wewnętrznych

(wapienie numufitowe eocenu, wapienie i dolomity triasu oraz piaskowce jury).

Wymienione wyżej trzy prowincje geotermalne rozpoznane zostały pracami geofizycznymi i wiertniczymi prowadzonymi od ponad stu lat w celu odkrycia, rozpoznania i eksploatacji złóż ropy naftowej i gazu ziemnego. Prace te doprowadziły do udokumentowania dużej ilości złóż ropy i gazu najpierw w prowincji karpackiej (od 1854 r.), nieco później (1896 r.) w prowincji epiplatformowej oraz prowincji przedkarpackiej.

Dane z wierceń i badań geofizycznych, posiadane przez poszczególne kraje znajdujące się w obrębie wymienionych prowincji, pozwalają na dość precyzyjne dokumentowanie zasobów wód geotermalnych i na stosunkowo łatwe ich udostępnianie przy pomocy wierceń już istniejących lub też wierceń nowo wykonywanych. Dotychczas na obszarze prowincji epiplatformowej zostały zbudowane i są eksploatowane zakłady geotermalne w Danii (1 zakład), Niemczech (3 zakłady) i w Polsce (2 zakłady - Pyrzyce i Mszczonów).

W prowincji tej projektowane są dalsze zakłady geotermalne w Niemczech i Polsce, jak też na Litwie. Dotychczas zbudowane zakłady geotermalne w tej prowincji wykorzystują wody geotermalne z basenów jurajskiego i kredowego głównie do celów ciepłowniczych. Nowe zakłady geotermalne projektuje się zarówno w tych dwóch basenach, jak też w basenach: triasowym, permskim, karbońsko--dewońskim i kambryjskim.

W prowincji przedkarpackiej dotychczas brak czynnych zakładów geotermalnych w Polsce, na Ukrainie i w Rumunii. Istnieją natomiast dogodne warunki dla zaprojektowania i zbudowania takich zakładów w najbliższej przyszłości.

W prowincji karpackiej funkcjonuje jeden zakład geotermalny w Polsce, na Podhalu, posiadający bardzo korzystne warunki występowania wód geotermalnych (wysokie ciśnienia artezyjskie, niska mineralizacja wód oraz wysokie temperatury i wydajności otworów).

Recenzent: dr inż. Maria Kulig.

Artykuł wygłoszony na II Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej IBMER, Warszawa 29-30.09.1998 r.

Uwzględniając stan zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego i wzrastający niedobór zasobów, kopalin palnych w krajach Europy północno-zachodniej i środkowej istnieje konieczność stopniowego zastępowania importowanych, palnych nośników energii własnymi nośnikami, takimi jak: wody geotermalne, promienie słoneczne, wiatr, wody powierzchniowe i biomasa.

Po to, aby te nośniki mogły być szybko i efektywnie wykorzystane w ciepłownictwie zbiorowym i indywidualnym, w chłodnictwie i suszarnictwie, warzywnictwie szklarniowym i foliowym, rolnictwie oraz hodowli zwierząt i roślin, w balneologii, w budownictwie drogowym (podgrzewanie autostrad i dróg, ogrzewanie budynków), topieniu śniegu i lodu, konieczne jest dokonanie ocen zasobów energii cieplnej, istniejących w obrębie poszczególnych województw, powiatów i gmin. Władze administracyjne tych jednostek powinny mieć świadomość, jakie bogactwa mineralne znajdują się na ich obszarze i tak ustalać kierunki polityki gospodarczej, aby te bogactwa mogły być wykorzystane z pożytkiem dla społeczeństwa.

SPIS TREŚCI

I. Prognozy rozwoju geoenergetyki w świecie, Europie i Polsce

1. Wstęp
 2. Różne strefy występowania zasobów geotermalnych
 3. Możliwości i prognozy światowe
 4. Charakterystyka prowincji geotermalno-ropo-gazonośnych Europy
- ### II. Epiplatformowa prowincja geotermalna Europy północno-zachodniej i centralnej
1. Ogólne informacje geostukturalne
 2. Granice prowincji
 3. Stan rozpoznania prowincji ze szczególnym uwzględnieniem polskiej części
 4. Dotychczasowe doświadczenia wynikające z projektowania, budowy i eksploatacji zakładów geotermalnych

III. Prowincja geotermalna przedkarpacka

1. Gólne informacje geostukturalne
2. Granice prowincji
3. Stan rozpoznania prowincji ze szczególnym uwzględnieniem polskiej części
4. Dotychczasowe doświadczenia wynikające z projektowania, budowy i eksploatacji zakładów geotermalnych

IV. Prowincja geotermalna karpacka

1. Ogólne informacje geostukturalne
2. Granice prowincji
3. Stan rozpoznania prowincji ze szczególnym uwzględnieniem polskiej części
 - 3.1. Powstanie pierwszego Zakładu Geotermalnego na Podhalu
 - 3.2. Działalność Geotermii Podhalańskiej S.A.
 - 3.3. Plany rozbudowy systemu geotermalnego na Podhalu
 - 3.4. Wnioski wynikające z dotychczasowych badań

V. Rejon sudecki

VI. Sugestie wykorzystania energii geotermalnej w omówionych wyżej prowincjach

1. Zalety energii geotermalnej
2. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w prowincji Europy północno-zachodniej i centralnej
3. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w prowincji przedkarpackiej
4. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w prowincji karpackiej
5. Plany wykorzystania energii geotermalnej do celów rolniczych
6. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w obiektach powstałych w związku z budową autostrad

VII. Wnioski Literatura

I. PROGNOZY ROZWOJU GEOENERGETYKI W ŚWIECIE, EUROPIE I POLSCE

1. Wstęp

Geoenergetyką nazywam dział energetyki obejmujący przetwarzanie energii cieplnej wnętrza Ziemi, zakumulowanej w złożach przegrzanej pary wodnej, wód geotermalnych i gorących suchych skał.

Z przegrzanych par wodnych i wód geotermalnych o bardzo wysokich temperaturach (powyżej 130°C) wytwarza się w zakładach geoenergetycznych prąd elektryczny.

Wody geotermalne o temperaturach 10-130°C wykorzystuje się w ciepłownictwie do ogrzewania pomieszczeń przemysłowych i socjalnych, pomieszczeń mieszkalnych, komunalnych i indywidualnych, rolniczych, leczniczo-rekreacyjnych, sportowo-turystycznych i innych, w chłodnictwie i balneologii.

Oba te działy geoenergetyki, tj. wytwarzanie prądu elektrycznego z przegrzanych par wodnych i używanie ciepła z wód geotermalnych, są stosowane i szybko rozwijane w wielu krajach świata od około 100 lat, przy czym szybki rozwój zaznacza się od około 30 lat.

Obecnie zakłady geotermalne istnieją w ponad 40 krajach świata, w tym w ponad 20 krajach wytwarza się prąd elektryczny z przegrzanych par wodnych.

Istnieją też pilotowe zakłady geotermalne (w USA i Japonii) wytwarzające prąd elektryczny z gorących suchych skał. W Europie Zachodniej prowadzi się intensywne prace badawcze (Wielka Brytania, Francja, Niemcy) zmierzające do budowy takiego zakładu około 2020 roku.

2. Różne strefy występowania zasobów geotermalnych

Występowanie zasobów energii geotermalnej wysokotemperaturowej (powyżej 130°C) związane jest z obszarami wulkanicznymi Ziemi, tworzącymi wąskie długie pasy ryftowe lub subdukcyjne (Islandia, Nowa Zelandia, Japonia, Indonezja, Filipiny, Kamczatka, zachodnie wybrzeże USA, a w Europie - Włochy, Grecja, rów Renu).

Występowanie zasobów energii geotermalnej niskotemperaturowej (poniżej 130°C) zawartej w wodach wglębnych, związane jest głównie z basenami sedymentacyjnymi, zasobnymi też w złoża ropy naftowej i gazu ziemnego. Baseny te zajmują ponad 50% powierzchni kontynentów. Są one względnie dobrze rozpoznane badaniami geofizycznymi i wierceniami wykonanymi przez przemysł naftowy, który prowadzi eksploatację złóż ropy naftowej od 1853 roku, gazu ziemnego od około 1900 roku.

W basenach sedymentacyjnych, których na globie istnieje około 194 (I. W. Wysocki i inni 1976), złoża ropy i gazu zajmują 1-2% powierzchni, a złoża wód geotermalnych około 98% powierzchni basenów.

Zasoby energetyczne wód geotermalnych, możliwe do zagospodarowania w przyszłości, są znacznie większe od sumy zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego. Przy czym należy pamiętać, że przy eksploatacji złóż ropy i gazu, kopalina wydobyta ulega w procesie produkcji i przeróbki, całkowitej destrukcji, natomiast przy eksploatacji wód geotermalnych odbiera się tylko część energii cieplnej, a nieco ochłodzone wody wracają do złoża, z którego wcześniej zostały pobrane i tam ulegają podgrzaniu przez gorące skały otaczające. Średni potencjał energetyczny otworu geotermalnego jest zbliżony do średniego potencjału energetycznego otworu ropnego lub gazowego (około 12,9 ton ropy/dobę z 1 otworu w świecie i około 2,7 tony ropy/dobę w USA).

3. Możliwości i prognozy światowe

W mijającym stuleciu (do 1975 roku) dla eksploatacji ponad 30 tysięcy złóż ropy i gazu wykonano w świecie ponad 560 tysięcy otworów produkcyjnych (z tego 492 tysiące otworów - 88% - w USA).

Średnia wydajność dobową z jednego otworu w świecie wynosiła 12,9 t ropy, a w USA - 2,7 t/dobę (J. Sokołowski 1979). Można więc z dużym stopniem prawdopodobieństwa prognozować, że w XXI wieku wykona się przynajmniej 500 tysięcy do 1 miliona otworów geotermalnych.

Biorąc pod uwagę fakt, że w wyniku ponad stuletniej działalności poszukiwawczej odkryto (do 1976 roku) 194 baseny geotermalno-ropo-gazonośne o łącznej powierzchni 51,8 mln km² (stanowiących 31,4% powierzchni kontynentów) z ponad 30 tysiącami złóż ropy i gazu, o sumarycznych zasobach (łącznie z wydobyciem) 225 010 mln t węglowodorów, można przypuszczać, że w XXI wieku w tych samych basenach trzeba będzie udostępnić i zagospodarować analogiczne lub większe zasoby energii geotermalnej. Ponadto znaczne ilości energii geotermalnej wysokotemperaturowej, z obszarów pozabasenowych, trzeba będzie przeznaczyć na wytwarzanie prądu elektrycznego.

Dla celów ciepłowniczych, suszarniczych, chłodniczych, balneologicznych i rekreacyjnych, a także dla otrzymywania niektórych minerałów, można będzie wykorzystać wody geotermalne z około 194 basenów geotermalno-ropo-gazonośnych, w tym:

83 baseny o łącznej powierzchni w Ameryce Północnej	21,4 mln km ²	(40%)
44 baseny o łącznej powierzchni w Afryce	11,1 mln km ²	(45%)
20 basenów o łącznej powierzchni w Ameryce Południowej	6,8 mln km ²	(20%)
29 basenów o łącznej powierzchni w Australii i Oceanii	7,6 mln km ²	(44%)
2 18 basenów o łącznej powierzchni	4,9 mln km ²	(57%)
Razem		~~~~
2 194 baseny o łącznej powierzchni	51,8 mln km ²	(37,4%)

4. Charakterystyka prowincji geotermalno-ropo-gazonośnych Europy

Europa licząca 10 mln km², posiada ponad 5 mln km² zajętych przez prowincje geotermalno-ropo-gazonośne, w których znajdują się złoża ropy naftowej, gazu ziemnego i wód geotermalnych. Na pozostałych 5 mln km² występują dodatkowo zbiorniki lub strefy spękań tektonicznych, gdzie można znaleźć złoża wód geotermalnych, ale nie złoża węglowodorów.

Na terenie Europy znajduje się 30 prowincji geotermalno-ropo-gazonośnych o łącznej powierzchni 5 mln km². Ponad 32% obszaru Europy (1,6 mln km²) zajmuje prowincja Europy północno-zachodniej i centralnej, 34% (1,7 mln km²) 23 mniejsze prowincje geotermalno-ropo-gazonośne Europy południowo-zachodniej i 34% (1,7 mln km²) 6 dużych prowincji na terenie byłego ZSRR, które tu nie są omawiane.

Dotychczasowe systemy energetyczne opierały się na zasobach: węgla kamiennego i brunatnego, ropy naftowej i gazu ziemnego oraz pierwiastków promieniotwórczych.

Przewiduje się, że w pierwszej połowie XXI wieku europejskie złoża ropy i gazu, a także węgla kamiennego i brunatnego, ulegną wyczerpaniu i konieczne będzie stosowanie innych nośników energii. Zakłada się, że wielką rolę odegrają tzw. źródła odnawialne, takie jak: biomasa, energia wiatru, energia słoneczna, a przede wszystkim energia geotermalna. **Ta ostatnia ma dużą szansę szybkiego rozwoju w związku z tym, że zasoby tej energii**

zostały względnie dobrze rozpoznane przy pomocy wierceń naftowych i gazowych.

Na podstawie zestawień tabelarycznych zawartych w Atlasie Geotermalnym Europy Zachodniej (R. Haenel, E. Starostę 1988), temperatury stwierdzone w poszczególnych państwach europejskich, w otworach wiertniczych wynoszą: Belgia od 20 do 73°C, Dania 46°C, Niemcy od 20 do 115°C, Grecja od 25 do 82°C, Francja od 24 do 76°C, Irlandia 22,5°C, Włochy od 20 do 99°C, Portugalia od 20 do 76°C, Wielka Brytania od 20 do 74°C, Austria od 20 do 96°C, Szwajcaria od 20 do 62°C.

Temperatury pomierzone w otworach wahają się od 20 do 180°C w Polsce (Września). W Czechach, na Słowacji, na Węgrzech, w Rumunii, na Ukrainie, w Rosji, w Gruzji, w Dagestanie, w Turcji, w Grecji, we Włoszech, w Jugosławii, w Chorwacji, w Słowenii, w Macedonii, w Bośni i Hercegowinie są bardzo zróżnicowane, ale przeważnie wyższe niż w Polsce.

Na podstawie map podanych w Geotermalnym Atlasie Europy (E. Hurting, V. Čermak, R. Haenel, V. Zui, 1991), w tabeli 1 zestawiono temperatury na rzędnych: -1000 m, -2000 m, -3000 m.

Tabela 1

Obszar	Temperatura na rzędnej		
	-1000 m	-2000 m	-3000 m
Kraton wschodnioeuropejski	15-35°C	45-60°C	45-90°C
Kraton paleozoiczny	35-80°C	60-120°C	50-160°C
Orogen alpejski	30-150°C	30-160°C	30-200°C

Kraton prekambryjski charakteryzuje się stosunkowo dużą miąższością skorupy ziemskiej i niezbyt wysokimi temperaturami. Zróżnicowanie tych temperatur związane jest z wiekiem skał, ich ułożeniem oraz istnieniem dawnego i młodego wulkanizmu, jak też z licznymi liniami wglębnych rozłamów i uskoków.

W basenach sedymentacyjnych temperatury na ogół wzrastają z głębokością i miąższością skał, wykazując duże zróżnicowanie związane z charakterem skał podłoża basenu.

Prowincja Europy północno-zachodniej i centralnej, z basenami: staropaleozoicznym, dewońsko-karbońskim, permskim, triasowym, jurajskim, kredowym i kenozoicznym, należy do największych i najzasobniejszych w energię zawartą w gazie ziemnym, ropie, naftowej i w wodach geotermalnych, zajmując 6 miejsce w świecie. Występujące wody geotermalne mają zróżnicowaną temperaturę (od 20 do ponad 200°C) i różną mineralizację (od 0 do 300 mg/dm³).

Pierwsze złoża ropy naftowej w tej prowincji stwierdzono: w 1896 r. w Niemczech, w 1922 w Anglii, w 1943 w Holandii, w 1958 w okręgu kaliningradzkim w Rosji, w 1960 w Polsce, w 1971 w Norwegii, w 1972 w Danii (I. W. Wysocki i inni 1976). Pierwszy zakład geotermalny w tej prowincji powstał w 1984 roku w Waren.

Złoża ropy i gazu znajdują się przeważnie w pułapkach antyklinalnych lub przywysadowych.

Zasoby energii cieplnej zawartej w wodach geotermalnych wielokrotnie przewyższają pod względem wartości kalorycznej odkryte zasoby złóż węglowodorów.

W miarę wyczerpywania się zasobów ropy i gazu zajdzie konieczność wykorzystywania zasobów energii cieplnej zawartej w wodach geotermalnych. Można z dużym prawdopodobieństwem przewidywać, że będzie to w I połowie XXI wieku.

Zestawienie 30 europejskich prowincji geotermalno-ropo-gazonośnych zawiera tabela

TABELA2.

Lp.	Prowincja	Kraje leżące na obszarze prowincji	Typ strukturalny prowincji	Powierzchnia prowincji [tys. km ²]	Miąższość skał [km]	Wiek zbiorników na wody geotermalne, ropę i gaz	Data odkrycia pierwszego złoża ropy
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Europy północno--zachodniej i centralnej	Wlk. Brytania, Norwegia, Holandia, Dania, Niemcy, Polska, Rosja, Łotwa, Estonia, Litwa, Białoruś	zapadnięty obszar na styku dwóch kratonów: prekambryjskiego i paleozoicznego	1 625	12	trzeciorzęd, kreda, jura, trias, perm, karbon, dewon, kambr	1896
2.	Wołgo-uralska	Rosja	zapadnięty obszar wschodniej części kratonu prekambryjskiego	540	12	perm, karbon, dewon	?
3.	Północno--kaukasko--mangyszłacka	Gruzja, Armenia, Azerbejdżan, Rosja	zapadlisko przedgórskie	432	12	neogen, paleogen, górna i dolna kreda	?
4.	Timano-peczorska	Rosja	obniżenie kratonu prekambryjskiego	350	12	dolny perm, karbon, dewon	?
5.	Adriatycka	Włochy, Jugosławia, Albania	zapadlisko przedgórskie	339	10	neogen, paleogen, kreda	1936
6.	Angielsko-paryska	Wlk. Brytania, Francja	synekkliza na krato-nie paleozoicznym	315	10	kreda, jura, trias, perm	1958
7.	Panońska	Węgry, Rumunia, Bułgaria, Jugosławia	zapadlisko śródgórskie na masywie wewnętrznym	248	7	neogen, paleogen, jura, trias	1937
8.	Południowo--kaspjska	Gruzja	zapadlisko przedgórskie	212	20	paleocen, miocen	?
9.	Akwitańska	Francja	zapadlisko przedgórskie	131	12	kenozoik, kreda, jur	1939
10.	Przedkarpacka	Polska, Ukraina, Rumunia, Bułgaria	zapadlisko przedgórskie, obszar fałdowy	112	12	kreda, jura, trias	1858
11.	Prypecko-dnieprowska	Ukraina, Białoruś	aulakogen	100	6	perm, karbon, dewon	?
12.	Sycylijska	Włochy	zapadlisko przedgórskie	98	6	neogen, kreda, trias	1953
13.	Rodańska	FrancjaWłochy	zapadlisko przedgórskie	85	5	kenozoik, mezozoik	1924
14.	Przedalpejska	Szwajcaria, Niemcy, Austria	zapadlisko przedgórskie	70	7	paleogen, kreda, jura, trias	1883
15.	Północno--przedkarpacka	Morawy, Polska, Ukraina, Rumunia	zapadlisko przedgórskie	44	12	kreda, jura, trias, karbon, dewon	1930
16.	Aragońska (Ebro)	Hiszpania	zapadlisko przedgórskie	40	4	kreda, trias	1964
17.	Północno-karpacka	Słowacja, Polska, Ukraina	zewnątrzna strefa Karpat	36	10	paleogen, kreda	1883
18.	Transylwańska	Rumunia	zapadlisko śródgórskie na masywie wewnętrznym	26	6	neogen	1908

1	2	3	4	5	6	7	8
19.	Reńska	Francja, Niemcy	rów wewnątrz platformowy	21	3	paleogen, jura, trias	1813
20.	Turyńska	Niemcy	rów wewnątrz platformowy	13	2,2	trias, perm	1907
21.	Wiedeńska	Austria, Czechy	rów wewnątrz strefy fałdowej	12.6	10	neogen, paleogen, jura, trias	1913
22.	Szetlandzka	Wlk. Brytania	rów wewnątrz platformowy	8	4	karbon	1922
23.	Warneńska	Bułgaria	zapadlisko przedgórskie	6.7	8	paleogen, dolna kreda	1951
24.	Zachodnio--angielska (liwerpulska)	Wlk. Brytania	synekliza	3.7	7	górną jurą	1939
25.	Portugalska (luzytańska)	Portugalia	zapadlisko międzygórskie	47	4	-	-
26.	Andaluzyjska (południowo--hiszpańska)	Hiszpania	zapadlisko przedgórskie	22	3	—	—
27.	Staro-kastylijska	Hiszpania	zapadlisko międzygórskie	50	2	kreda, trias	-
28.	Nowo-kastylijska	Hiszpania	zapadlisko międzygórskie	50	2	kreda dolna	-
29.	Tessalska	Grecja	rów synklinorialny	15	5	neogen	-
30.	Tracka	Turcja, Grecja	zapadlisko międzygórskie	20	3	-	-

II. EPIPLATFORMOWA PROWINCJA GEOTERMALNA EUROPY PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ I CENTRALNEJ

1. Ogólne informacje geostrukturalne

Prowincja ta, tworząca wielkie obniżenie geostrukturalne w strefie granicznej dwóch kratonów: prekambryjskiego Europy wschodniej i paleozoicznego Europy zachodniej, wypełniona jest utworami permu, triasu, jury, kredy i kenozoiku, zawierającymi liczne zbiorniki i baseny wód geotermalnych, o różnych temperaturach i różnej mineralizacji.

Podłoże basenów permsko-mezozoiczno-kenozoicznych prowincji tworzą: w części północno-wschodniej utwory dolnopaleozoiczne, epiplatformowe, ze zbiornikami wód geotermalnych, w piaszczystych utworach kambru; w części środkowej występują utwory zdeformowane karbonu dolnego i dewonu lub utwory piaszczyste karbonu górnego przedgórzia Warycydów (Hercynidów); w części południowej w podłożu basenów permsko-mezozoiczno-kenozoicznych występują sfałdowane utwory karbońskie, dewońskie lub starsze orogenu warycyjskiego. Głębokości spągowych części basenu permskiego, czyli górnych części podłoża, są rzędu 1-3 km w peryferyjnych częściach prowincji i sięgają do ponad 10 km w centralnej niemiecko-polskiej części prowincji. Ze względu na zróżnicowane głębokości i miąższości poszczególnych megakompleksów i kompleksów, w różnych częściach prowincji występują na głębokościach do 3 km różne - pod względem wieku i litologii - baseny i zbiorniki wód geotermalnych.

Prowincja geotermalna Europy północno-zachodniej i centralnej rozprzestrzenia się na całym obszarze Morza Północnego i Morza Bałtyckiego, w części lądowej zajmuje najbardziej wschodnie obszary Anglii i Szkocji, północno-wschodni rejon Belgii, całą

Holandię, północne Niemcy i Danię, południowe rejony Szwecji (tzw. Rów Oslo), cały obszar Polski niżowej, rejon kaliningradzki Rosji, Estonię, Łotwę, Litwę, zachodnie obszary Białorusi i Ukrainy. Po rozciągłości prowincja ma długość około 2000 km, a szerokość maksymalną około 700 km. Powierzchnia prowincji, wg Wysockiego I. W i in. (1976 r.) wynosi około 1,6 mln km², z czego ponad 50% znajduje się pod akwenami morskimi, a pozostałe 50% stanowią obszary lądowe przynależne do: Anglii i Szkocji, Holandii, Danii, Szwecji, Niemiec, Polski, Rosji, Estonii, Łotwy, Litwy, Białorusi i Ukrainy. Z pośród wymienionych 13, krajów największy obszar w prowincji zajmuje Polska (około 250 000 km², co stanowi ok. 30% lądowych obszarów prowincji). **Na terenie Polski i Niemiec północnych występują też największe miąższości utworów permsko-mezozoiczno-kenozoicznych, co powoduje, że tu znajduje się większa część (ponad 60%) zasobów energii geotermalnej nadających się do zagospodarowania.**

Znaczne zasoby energii geotermalnej znajdują się też pod akwenami Morza Północnego i Bałtyku, ale nie mogą być one wykorzystane w najbliższej przyszłości. W dalszej przyszłości, po wyczerpaniu się zasobów złóż ropy i gazu, będzie możliwy transport wód geotermalnych z akwenów na ląd, rurociągami używanymi obecnie do transportu ropy i gazu.

Przy planowaniu zaopatrzenia w energię krajów Europy północno-zachodniej i centralnej na najbliższe 50-100 lat, zasoby energii geotermalnej powinny być uwzględniane jako zasoby energii czystej i nieszkodliwej dla środowiska.

Do roku 1985 (J. Sokołowski, A. Tomaszewski 1986) w prowincji odkryto i udokumentowano następujące ilości złóż ropy naftowej i gazu ziemnego: 218 - w utworach permskich i starszych (zał. 1), 47 - w utworach triasowych (zał. 2), 165 - w utworach jurajskich (zał. 3) i 83 - w utworach kredowych (zał. 4). Łącznie udokumentowano 523 złoża o zasobach ponad 7 mld ton węglowodorów. Odkryte i udokumentowane, w ciągu minionych stu lat, złoża są w końcowym etapie eksploatacji w Anglii, Holandii, Niemczech i Polsce. W szczytowym okresie eksploatacji są złoża Morza Północnego.

Z dużym prawdopodobieństwem można przyjąć, że zasoby energii geotermalnej, znajdujące się w tych samych zbiornikach co złoża ropy i gazu, będą około 30-krotnie większe. W ciągu najbliższych 50-100 lat można oczekiwać udokumentowania i udostępnienia zasobów czystej energii geotermalnej równoważnych od 100 do 200 mld tpu. Ta orientacyjna wielkość zasobów energii geotermalnej, o temperaturze od 30 do ponad 200°C, powinna być przedmiotem badań oraz studiów i projektów, zmierzających do optymalnego wykorzystania zasobów oraz sprzętu i urządzeń, którymi dysponują obecnie kraje europejskie znajdujące się na obszarze omawianej prowincji.

2. Granice prowincji

Północno-wschodni przebieg granicy prowincji jest mocno urozmaicony (zał. 1-4). Biegnie najpierw południkowo, wzdłuż morskich granic Norwegii, do miasta Stavenger, skręca ku południowemu wschodowi, a następnie ku północnemu wschodowi do rejonu Oslo. Stąd przez rejon Göteborga, Halsingborga do zachodnich rejonów wyspy Bornholm, by stąd ukierunkować się ku północnemu wschodowi, a dalej (na północ od miasta Liepja) zawrócić ku południowi do rejonu: Suwałk, Białegostoku, Brześcia, Równego i okolic Suczawy w Rumunii.

Zachodnia i południowo-zachodnia granica prowincji przebiega wzdłuż wschodniego skłonu masywów: Sztetlandzkiego, Szkockiego i dalej ku południowi przez miasta Leeds, Scheffield i Derby. Tu skręca w kierunku południowo-wschodnim, przebiega przez rejon miast Norwich, Antwerpen, Aachen, skręca w kierunku północnym w rejonie Munster, by tu znów skręcić ku południowemu wschodowi i bieć aż do Bambergu. Tu zakręca ku północnemu zachodowi, otacza Las Turyński i zawraca ku południowemu wschodowi do

rejonu Jeny. Stąd skręca ku północnemu zachodowi w rejonie Getyngi, Goslaru, otacza Góry Harc. Od Magdeburga biegnie w kierunku południowo-wschodnim przez Wittenberg, Kottbus, Zgorzelec do rejonu na północny zachód od Legnicy. Dalej ku południowemu wschodowi przez Wrocław, Opole do rejonu Ostrawy, gdzie łączy się z północną granicą zapadliska przedkarpackiego.

W obrębie basenów: permskiego (zał. 1), triasowego (zał. 2), jurajskiego (zał. 3) i kredowego (zał. 4) wydzielono po kilka mniejszych subbasenów charakteryzujących się swoistymi warunkami hydrogeologicznymi i termicznymi.

3. Stan rozpoznania prowincji ze szczególnym uwzględnieniem polskiej części

Prowincja Europy północno-zachodniej i centralnej rozpoznawana jest pod względem płynnych surowców mineralnych od ponad 100 lat. Zapoczątkowali rozpoznanie wiertnicze tej prowincji Niemcy i Anglicy, a nieco później prace wiertnicze prowadzili Holendrzy, Duńczycy, Polacy, Rosjanie i Litwini, a ostatnio na Morzu Północnym także Norwegowie.

Na terenie polskiej części tej prowincji badania geofizyczne i wiertnicze przeprowadzono po drugiej wojnie światowej. Autor niniejszego referatu miał możliwość uczestniczenia w pracach badawczych i poszukiwawczych od 1956 roku. W ramach swojej pracy w przemyśle naftowym, w Instytucie Geologicznym i w Polskiej Akademii Nauk, gromadził materiały dokumentacyjne i kartograficzne oraz kierował zespołami specjalistów opracowujących te materiały w Instytucie Geologicznym. W wyniku wykonanych analiz i syntez geologicznych powstało szereg atlasów geologicznych i facjalnych Polski. Podsumowaniem pracy kartograficznej było zakończenie w 1985 roku i wydanie w 1987 roku Atlasu Geosynoptyki Naftowej Polski, wykonanego na podstawie analizy wszystkich materiałów geofizycznych i ponad 7000 otworów wiertniczych. Zawarte w atlasie 4 mapy całej prowincji w skali 1:2 500 000, 26 map Polski w skali 1:1000 000 i 1 mapa Polski w skali 1:500 000, umożliwiły najpierw (1985 r.) dokonanie przez zespół specjalistów, pracujących pod kierownictwem autora, oceny zasobów prognostycznych ropy naftowej i gazu ziemnego, a następnie (1986 r.) oceny, przez autora, zasobów wód geotermalnych i energii cieplnej w nich zawartej.

Zastosowana metoda liczenia zasobów była zbliżona do metody objętościowej stosowanej w Polskim Górnictwie Naftowym. Według tej metody zostały oszacowane objętości wód geotermalnych występujących w poszczególnych subbasenach i basenach: górno-kredowym, dolno-kredowym, malmskim, doggerskim, liasowym, kajprowym, wapienia muszlowego, pstrego piaskowca, cechsztynu, czerwonego spągowca, karbonu, dewonu i kambru.

Z wykonanych wówczas szacunków wynikało, że w polskiej części prowincji Europy północno-zachodniej i centralnej znajduje się 6225 km³ wód geotermalnych. Przy uwzględnieniu temperatur wód, stopnia ich schłodzenia do 25°C obliczono, że potencjalne zasoby energii cieplnej, możliwej do odzyskania w polskiej części prowincji, wynoszą 952 348 800 GJ, co odpowiada 22,7 mld ton ropy naftowej lub 32,4 mld tpu.

W oparciu o te szacunki, w roku 1977 władze państwowe przyznały środki finansowe na wykonanie wierceń geotermalnych w Skierniewicach i Uniejowie. W tym też czasie dokonano różnego rodzaju analiz zmierzających do oceny możliwości wykorzystania istniejących otworów naftowych dla celów geotermalnych. Stan rozpoznania zasobów jest na tyle dobry, że umożliwia uzyskiwanie założonych głębokości, temperatur i wydajności wód geotermalnych.

4. Dotychczasowe doświadczenia wynikające z projektowania, budowy i eksploatacji zakładów geotermalnych

W polskiej części prowincji epiplatformowej, mimo usilnych starań czynionych od 1986 roku i dokumentowanych odpowiednimi projektami (J. Sokołowski, 1989 - Koncepcja budowy zakładu geotermalnego GT-III w Skierniewicach; J. Sokołowska, J. Sokołowski, 1990 - Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w Stargardzie Szczecińskim; J. Sokołowska, J. Sokołowski, 1992 - Ocena potencjalnych zasobów i koncepcja wykorzystania wód geotermalnych w Żyrardowie; J. Sokołowski, J. Sokołowska, M. Gładysz, 1992 - Koncepcja wykorzystania energii geotermalnej na terenie PPO w Szczecinie; W. Górecki, 1993 -Projekt zakładu geotermalnego w Uniejowie, opr.. arch.), pierwszy zakład geotermalny został oddany do eksploatacji dopiero w 1996 roku w Pyrzycach.

Koncepcja budowy zakładu geotermalnego w Skierniewicach została opracowana w ramach Centralnego Programu Badawczo-Rozwojowego w latach 1986-1988 i opublikowana w 1989 r. (J. Sokołowski 1989). Zgodnie z tą koncepcją wykonany został projekt badań geologicznych określających warunki występowania płynnych surowców energetycznych w mezozoiku rejonu Justynów-Żychlin-Skierniewice-Jeżów (J. Sokołowski, J. Kaczyński i inni 1989). Na podstawie tego projektu został odwiercony w latach **1990-1991** otwór Skierniewice GT-1, który potwierdził istnienie wód geotermalnych o temperaturze 75°C i wydajności 70-150 m³/h. Na skutek nie zatwierdzenia przez Ministerstwo Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa (MOŚZNiL) dokumentacji zasobów wód geotermalnych (J. Sokołowska, J. Sokołowski 1991 i 1992) i braku środków finansowych wstrzymano realizację drugiego otworu geotermalnego.

Dopiero w latach 1996-1997, dzięki staraniom Geotermii Mazowieckiej S.A., odwiercono drugi otwór geotermalny za środki przyznane przez MOŚZNiL. Otwór został opróbowany i potwierdził znaczny przyływ wody geotermalnej. Późniejsze zabiegi zmierzające do uzyskania chłonności otworu - na skutek usterek projektowo-technicznych - nie dały dobrych wyników, w związku z czym zaplanowano rekonstrukcję otworu, ale z braku środków finansowych plan nie został zrealizowany.

W latach 1988-1990, w ramach Centralnego Programu Badawczo-Rozwojowego, pracownicy Instytutu Surowców Energetycznych AGH i Instytutu Geologicznego w Warszawie wykonali projekt 2 otworów geotermalnych w Uniejowie. Otwory te zostały opróbowane z bardzo dobrymi rezultatami. Na podstawie tych wyników opracowany został plan budowy zakładu geotermalnego w Uniejowie (W. Górecki i inni 1993). Plan ten nie został zrealizowany na skutek braku środków finansowych i różnic w poglądach na sposób wykonania obiektu.

Zakład geotermalny o znaczeniu przemysłowym został zbudowany w Pyrzycach w 1996 roku. Powstał on nie tam, gdzie istniały najkorzystniejsze warunki geologiczne i hydrotermalne, ale tam, gdzie były odpowiednie zespoły ludzkie zdolne do przekonania władz centralnych o potrzebie budowy tego zakładu i jego sfinansowania.

Projekt realizacji zakładu geotermalnego został wykonany przez specjalistów polskich: J. Lemparty, M. Kabat, N. Maliszewski, Z. Meyer, R. Sobański i duńskich: L.T. Hansen, K. Sorensen (R. Sobański, M. Kabat i inni, 1992 r; Z. Meyer, S. Sobański, 1993; Z. Meyer, 1994 r.), którzy na wzór zakładu w Thisted, sfinansowanego przez Wspólnotę Europejską, wykonali projekt zapewniający pełny sukces techniczny. Zrealizowano tu cztery otwory wiertnicze (2 eksploatacyjne i 2 iniekcyjne), w których uzyskano wody geotermalne o temperaturze 64°C i wydajnościach około 150 m³/h. Ponadto doprowadzono gaz ziemny, zbudowano 2 kotły gazowe i zamontowano japońską pompę ciepła firmy Sanyo. Uzyskano przez to możliwość zaopatrzenia w energię cieplną 14 tysięcznego miasta, z dużym współczynnikiem bezpieczeństwa, co zwiększyło koszty budowy całego zakładu.

Wyliczenia specjalistów szczecińskich (R. Sobański, M. Kabat 1997) wykazują, że inwestycja

jest opłacalna i cena 1 GW uzyskiwanego w tym zakładzie jest niższa od ceny energii uzyskiwanej z konwencjonalnych nośników energii.

Drugi zakład geotermalny budowany w Mszczonowie, wg pierwotnej koncepcji, miał wykorzystywać wody geotermalne z utworów kredowych udostępnionych starym otworem badawczym Mszczonów IG-1. Realizacja tego projektu, prowadzona przez Geotermię Mazowiecką S.A., znacznie odbiega od pierwotnych założeń. Zbudowano najpierw zakład ciepłowniczy zaopatrywany w energię z gazu ziemnego. Środki finansowe wydane na rekonstrukcję otworu wiertniczego do tej pory są zamrożone, gdyż otwór mimo uzyskania dobrych wyników geologicznych w dalszym ciągu nie dostarcza energii.

Ponadto zostały wykonane następujące opracowania:

1. Prowincje, baseny i zbiorniki geostrukturalne, geotermalne i ropo-gazonośne Polski (J. Sokołowski, 1985. W: Stan rozpoznania i perspektywy wykorzystania wód termalnych. Kraków 24-25 października).
2. Ocena warunków geologicznych Masowych wód geotermalnych i wstępna ocena możliwości ich wykorzystania w Polsce (J. Sokołowski i in., 1985, SITP NiG Zespół Rzeczoznawców).
3. Wstępna ocena możliwości wykorzystania energii geotermalnej w Polsce (J. Sokołowski, 1986, artykuł w materiałach z konferencji AGH, Kraków 14-15 listopada 1986).
4. Wody geotermalne Polski i możliwości ich wykorzystania (R. Ney, J. Sokołowski, 1987, Nauka Polska).
5. Wstępny plan zagospodarowania obejmujący bilans cieplny obiektów przeznaczonych do zaopatrzenia w energię cieplną w rejonie zakładu geotermalnego GT-III Skierniewice (J. Sokołowski i in., 1989 r.). Oprac. arch., Kraków.
6. Koncepcja budowy zakładu geotermalnego GT-III w Skierniewicach (J. Sokołowski, 1989, TPGGiG nr 3, Kraków).
7. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w Stargardzie Szczecińskim (J. Sokołowska, J. Sokołowski, 1990 r., TPGGiG nr 6, Kraków), gdzie istnieje otwór wykonany przez PGNiG, w którym stwierdzono temperatury wód liasowych około 100°C.
8. Możliwości wykorzystania wód geotermalnych w rejonie Koła (K. Mrozek, J. Sokołowski, 1991 r. TPGGiG nr 1-2, Kraków).
9. Warunki geologiczne występowania wód geotermalnych w rejonie Gniezna (M. Krokoszyńska, E. Pilecka, J. Sokołowska, 1991 r.).
10. Metodyka poszukiwania złóż kopaliny płynnych (J. Sokołowska, 1991). W: Studia i Rozprawy nr 10, Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków.
11. Dokumentacja geologiczna zasobów energii cieplnej możliwej do wydobycia odwiertem Skierniewice GT-1 z dolnoliasowego zbiornika wód geotermalnych na tle zasobów liasowego sub-basenu grudziądzko-warszawskiego (J. Sokołowska, J. Sokołowski, 1991). Oprac. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków.
12. Ocena zasobów energii cieplnej możliwej do wydobycia odwiertem Skierniewice GT-1 (J. Sokołowska, J. Sokołowski, 1992 r., TPGGiG nr 5, Kraków).
13. Geosynoptyczny Atlas Polski (J. Sokołowski i in., 1992). Wyd. Polska Agencja Ekologiczna S.A.
14. Stan rozpoznania zasobów wód geotermalnych w rejonie Skierniewic-Mszczonowa (J. Sokołowska, J. Sokołowski, 1992). Mat. Kont. Metodyka prognozowania i poszukiwania złóż kopaliny płynnych na tle geodynamiki Europy Środkowej, Zakopane.
15. Koncepcja wykorzystania energii geotermalnej do ogrzewania szklarni na terenie PPO w Szczecinie (J. Sokołowska, J. Sokołowski, M. Gładysz, 1992 r.). Oprac. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków.
16. Ocena potencjalnych zasobów i koncepcja wykorzystania wód geotermalnych w Żyrardowie (J. Sokołowska, J. Sokołowski, 1992 r.). Oprac. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków.
17. Koncepcja wykorzystania energii geotermalnej w Szczecinie (J. Sokołowski, J. Sokołowska, M. Gładysz, 1993, TPGGiG nr 2, Kraków).
18. Projekt badań geologicznych określających zasoby i warunki eksploatacji wód geotermalnych w Żyrardowie (J. Sokołowska, J. Sokołowski, 1993 r.), Polgeotermia Sp. z o.o., Kraków na zlecenie Zarządu Miasta Żyrardowa.
19. Warunki występowania i możliwości wykorzystania energii geotermalnej w dzielnicy Praga, Gminie Warszawa-Praga Południe. Etap I - Warunki występowania energii geotermalnej (J. Sokołowski, A. Tomaszewski, M. Krokoszyńska, 1994 r.). Oprac. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków.
20. Warunki występowania i możliwości wykorzystania energii geotermalnej w dzielnicy - Gminie Warszawa-Praga Południe (J. Sokołowski, A. Tomaszewski, M. Krokoszyńska, 1995 r., TPGGiG nr 4-5, Kraków).
21. Analiza możliwości wykorzystania energii do celów ciepłowniczych w rejonie Łodzi (J. Sokołowski, 1995 r.) Oprac. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków na zlecenie Urzędu Miejskiego w Łodzi.

22. Możliwości budowy zakładów geotermalnych w województwie bydgoskim (J. Sokołowski, A. Tomaszewski, M. Krokoszyńska, 1996 r.). Oprac. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków na zlecenie Urzędu Wojewódzkiego.

W opracowaniu tym wytypowano 7 miejscowości mających korzystne warunki dla budowy zakładów geotermalnych. Są to: **wschodnia część miasta Bydgoszcz, północno-wschodnia część struktury Mogilna, Inowrocław, Kruszwica, Strzel-no, Janikowo, Janowiec**. Temperatury wód geotermalnych możliwe do uzyskania wierceniami o głębokości do 3000 m wahają się od 70 do 120°C.

23. Perspektywy znalezienia złóż wód geotermalnych i zbiorników na odpady ciekłe w województwie krakowskim (J. Sokołowski, 1996 r., TPGGiG nr 3-4, Kraków).
24. Propozycje wykorzystania ewentualnych zasobów ciepła geotermalnego w Jeleniej Górze-Cieplicach dla celów rekreacyjnych i produkcyjnych wraz z analizą ekonomiczną (J. Sokołowski i inni, 1996 r.). Oprac. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków. Opublikowane częściowo w 1998 r. w TPGGiG nr 1-2.
25. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w rejonie miasta Łodzi (J. Sokołowski, 1996 r., TPGGiG nr 6, Kraków). W Łodzi istnieje szansa uzyskania wód geotermalnych z utworów lia-sowych o temperaturze 80-90°C i wydajności 100-200 m³/h.
26. Ocena możliwości wykorzystania wód geotermalnych w województwie ciechanowskim. Ekspertyza na zlecenie PAN (J. Sokołowski, 1996 r.) Oprac. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków. W opracowaniu tym zaproponowano wykonanie projektów budowy zakładów geotermalnych:
- w **gminie Nasielsk**, w oparciu o dwa dublety istniejących otworów: Dębe-6 i Dębe-7 oraz Płońsk-5 i Płońsk-6,
 - w **gminie Płońsk**, z wykorzystaniem 4 istniejących otworów: Płońsk IG-2a i Płońsk-9 lub Płońsk IG-2a i Płońsk-4,
 - w **gminie Joniec**, z wykorzystaniem istniejących otworów: Płońsk-10 i Płońsk-3,
 - w **gminie Szererisk**, z wykorzystaniem otworów Gradzano-wo-3, 2 i 4.
27. Ocena możliwości wykorzystania energii geotermalnej dla ochrony środowiska przyrodniczego w województwie olsztyńskim (J. Sokołowski, 1996 r.). Opr. arch. PGA i CPPGSMiE PAN, na zlecenie Urzędu Wojewódzkiego, Wydziału Ochrony Środowiska w Olsztynie. W opracowaniu tym zaproponowano rozważenie lokalizacji następujących zakładów geotermalnych:
- w **Nidzicy**, gdzie istnieje możliwość wykorzystania wód geotermalnych o temperaturze około 40°C z kambru lub triasu,
 - w **Hawie**, gdzie można by uzyskać wody geotermalne o temperaturze 70°C z utworów kambryjskich,
 - w **Ostródzie**, gdzie istnieje możliwość wykorzystania wód geotermalnych z utworów kambru o temperaturze około 60°C,
 - w **Morągu**, gdzie można by uzyskać wody geotermalne o temperaturze około 52°C z utworów kambru,
 - w **Lidzbarku Warmińskim**, gdzie można by uzyskać wody geotermalne o temperaturze około 35°C z utworów kambru,
 - w **Bartoszcach, Sępólnie, Kętrzynie i Olsztynie**, gdzie można by uzyskać wody geotermalne, o temperaturach około 38-40°C, z utworów kambru przy pomocy istniejących otworów.
28. Ocena możliwości wykorzystania wód geotermalnych w województwie ciechanowskim (J. Sokołowski, 1997 r., TPGGiG nr 3-4, Kraków).
29. Studium zagospodarowania wód geotermalnych w województwie krakowskim (W. Bujakowski i inn., 1997). Oprac. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków, na zlecenie Wojewody. W opracowaniu tym przeprowadzono analizę techniczno-ekonomiczną budowy zakładów geotermalnych w: Niepołomicach, Zabierzowie-Bocheńskim, Drwini, Słomnikach i Kocmyrzowie.
30. Aktualnie, na zlecenie MOŚZNiL, Pracownia Geosynoptyki i Geotermii IGSMiE PAN przy współdziałaniu specjalistów z Politechniki Szczecińskiej i Akademii Rolniczej w Krakowie wykonuje opracowanie pt. Studium możliwości inwestycyjnych nad wykorzystaniem energii geotermalnej w zbiorniku mezozoicznym, w niecce szczecińskiej i północnej części monokliny przedsudeckiej. W opracowaniu tym analizowane są możliwości wykorzystania wód geotermalnych w 153 gminach.
31. W Akademii Górniczo-Hutniczej w Zakładzie Surowców Energetycznych, na zlecenie MOŚZNiL, wykonano opracowanie oceniające możliwości inwestycji zmierzających do wykorzystania energii geotermalnej w różnych miejscowościach niecki mogileńsko-łódzkiej. Opublikowano też dwa atlasy geotermalne, charakteryzujące warunki występowania wód geotermalnych w utworach kredy i liasu niżu polskiego.

III. PROWINCJA GEOTERMALNA PRZEDKARPACKA

1. Ogólne informacje geostrukturalne

Prowincja geotermalna przedkarpacka powstała na wschodnim skłonie masywu czeskiego, południowym skłonie kratonu paleozoicznego (ściślej: zagłębia ostrawsko-śląskiego, monokliny częstochowsko-krakowskiej, wyniesienia dolnego Sanu) i południowozachodnim skłonie kratonu wschodnio-europejskiego. Rozwój tej prowincji zapoczątkowany został w dolnym miocenie i związany był z nasuwaniem się Karpat fliszowych na przedpole platformowe trzech wymienionych wcześniej jednostek.

Prowincja ciągnie się od okolic Wiednia przez Morawy, południową część niecki węglowej górnośląskiej, monoklinę śląsko-krakowską i od Krakowa do Rzeszowa przez nieckę miechowską, a dalej na wschód i południowy wschód, przez zachodnie skłony: wyniesienia dolnego Sanu i kratonu wschodnio-europejskiego. Długość całej prowincji mierzona po łuku Karpat od Wiednia do Ploseti wynosi ponad 860 km, z czego około 75 km przypada na Austrię, ok. 175 km na Morawy, około 325 km na Polskę, około 287 km na Ukrainę. Szerokość prowincji waha się od 30 do ponad 100 km, z czego w rejonie Krakowa około 80 km znajduje się pod nasunięciem Karpat. Podłoże prowincji stanowią utwory prekambryjskie, paleozoiczne i mezozoiczne, natomiast pokrywę platformowego podłoża stanowią różnej miąższości, od 0 do około 3,5 km, osady mioceńskie, w południowej części przykryte nasuniętymi Karpatami fliszowymi.

Rozpoznanie prowincji pracami geofizycznymi i wiertniczymi dokonane zostało w ostatnich 70 latach przez przemysły naftowe krajów znajdujących się na jej terenie. Najbogatsze i najliczniejsze złoża ropy i gazu zostały stwierdzone w częściach: rumuńskiej, ukraińskiej i polskiej. Złoża ropy i gazu na obszarze całej prowincji stwierdzono w utworach miocenu, a w częściach polskiej, słowackiej i austriackiej, także w utworach podłoża.

Te same utwory, w których występują liczne złoża ropy i gazu, są też zasobne w wody geotermalne, o temperaturach od 30 do ponad 120°C. Zbiornikami wód geotermalnych są tu piaskowce mioceńskie, • względnie piaskowce karbońsko-dewońskie i prekambryjskie oraz wapienie górnokarbońskie, doinokarbońskie oraz górnokarbońskie i środkowodewońskie.

2. Granice prowincji

Prowincja przedkarpacka, inaczej niż epiplatformowa prowincja północno-zachodniej i centralnej Europy, nie ma rozprzestrzenienia liniowego, ale wyraźnie łukowaty kształt wyznaczony przez łuk Karpat fliszowych. Styk tych dwóch prowincji znajduje się na obszarze Polski, gdzie prowincja epiplatformowa nurza się pod utwory mioceńskie, występujące na powierzchni lub pod nasunięciem Karpat, jak to najlepiej widoczne jest w rejonie Krakowa.

Północną granicę prowincji wyznacza zasięg utworów mioceńskich, dających się śledzić na powierzchni lub pod cienkim przykryciem utworów czwartorzędowych. Południowa granica prowincji znajduje się pod nasunięciem Karpat fliszowych, w odległości od kilku do około 100 km od ich północnego brzegu. W związku z tym, że zbiorniki wód geotermalnych znajdują się w różnych utworach, pod przykryciem Karpat lub bez tego przykrycia, ich warunki hydrodynamiczne są silnie zróżnicowane. Temperatury wód na skutek występowania w podłożu jednostek geologicznych o zróżnicowanej przewodności termicznej mogą być różne. Przeważnie wahają się od 30 do 120°C.

3. Stan rozpoznania prowincji ze szczególnym uwzględnieniem polskiej części

Pracami geofizycznymi i wiertniczymi określone są zbiorniki mioceńskie i niektóre zbiorniki mezozoiczne oraz paleozoiczne.

Prowincja ma wyraźnie kształt asymetryczny. Regionalne nachylenie warstw mioceńskich: w części austriackiej i morawskiej - jest z północnego zachodu ku południowemu wschodowi, w

części polskiej (po Rzeszów-Przemyśl) - z północy na południe, a w częściach ukraińskiej i rumuńskiej - z północnego wschodu lub wschodu ku południowemu zachodowi lub zachodowi.

Na odcinku polskim prowincji stwierdzono największe nasunięcie Karpat, wynoszące około 100 km. W częściach ukraińskiej i rumuńskiej występują największe miąższości osadów mioceńskich, które w strefie graniczącej z Karpatami wykazują też fałdowe i płaszczowinowe zdeformowania.

4. Dotychczasowe doświadczenia wynikające z projektowania, budowy i eksploatacji zakładów geotermalnych

W prowincji przedkarpackiej dotychczas nie został zbudowany żaden zakład geotermalny, w związku z tym nie mamy doświadczeń odnośnie warunków eksploatacji i ekonomii wykorzystania wód geotermalnych. Ocena zasobów wód i energii w nich zawartej wykonana przez J. Sokołowskiego w 1986 roku wykazała, że w polskiej części prowincji przedkarpackiej znajduje się około 362 km³ wód geotermalnych, w których potencjalne zasoby energii cieplnej wynoszą: 10 901 900 Gcal, tj. 45 644 000 GJ, tj. 1090 min t ropy, tj. 1555 min tpu. Większość tych zasobów znajduje się w zbiornikach górnourajskich i środkowourajskich.

Dane analityczne przeprowadzone dla części zachodniej i środkowej (Bielsko-Kraków-Tarnów) wskazują na to, że istnieją tu dogodne warunki dla eksploatacji wód geotermalnych ze zbiorników kredowych i jurajskich (w części krakowsko-tarnowskiej), jak też dewońskich i kambryjskich (w części zachodniej) oraz całej prowincji w utworach mioceńskich.

W całej polskiej części prowincji istnieją liczne otwory poszukiwawcze i eksploatacyjne PGNiG, które mogą być z powodzeniem wykorzystane do celów geotermalnych. Warunki do wykorzystania dubletów otworów istnieją w: Tarnowie, Wierzchosławicach, Bochni, Pilźnie, Dębicy, Tuchowie, a także w Krakowie, Myślenicach, Kalwarii Zebrzydowskiej, Wadowicach, Kętach i Bielsku. Dla tych miejscowości wykonano wstępne oceny opłacalności, które wskazują na zasadność ekonomiczną i ekologiczną projektowania i budowy nowych obiektów geotermalnych. Po to, aby obiekty te miały pełne uzasadnienie ekonomiczne konieczne jest kaskadowe wykorzystanie energii geotermalnej do celów ciepłowniczych, chłodniczych, suszarniczych, warzywniczych, hodowli ryb oraz do celów leczniczych i rekreacyjnych.

Dla prowincji tej wykonano dotychczas w Centrum Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN i Polskiej Geotermalnej Asocjacji następujące opracowania:

1. Szansę wykorzystania wód geotermalnych w Tarnowie (J. Sokołowska, 1991, TPGGiG nr 1-2, Kraków).
2. Warunki występowania i ocena możliwości wykorzystania wód geotermalnych w województwie tarnowskim (S. Makoudi, 1996, TPGGiG nr 5, Kraków).
3. Ocena ekologiczno-ekonomiczna wykorzystania wód geotermalnych w województwie tarnowskim z uwzględnieniem zasobów gazu ziemnego (J. Sokołowski, S. Makoudi, 1997). Oprac. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków. W: Polska szkoła Geotermalna, III kurs, Kraków-Straszęcin k/Dębicy.
4. Możliwości rozwoju geoenergetyki, balneologii i rekreacji w województwie bielskim (J. Sokołowski, B. Uliasz-Misiak, 1998, TPGGiG nr 1-2).
5. Odwiert Jachówka-2K w Bładzonce jako przyszłe źródło energii cieplnej i wód leczniczych dla Suchej Beskidzkiej oraz Związku Gmin Dorzecza Górnej Skawy-Świnnej Poręby (J. Sokołowski, 1998, TPGGiG nr 1-2)
6. Projekt badań geotermalnych w otworze Jachówka-2K na podstawie danych

- uzyskanych z dotychczasowych prób i badań w otworze (J. Sokołowski i in., 1998). Oprac. arch. PGA na zlecenie Zarządu Miasta Sucha Beskidzka.
7. Projekt badań geologicznych określających zasoby wód geotermalnych pod miastem i gminą Myślenice (J. Sokołowski i in., 1998). Oprac. arch. PGA na zlecenie Zarządu Miasta Myślenice.

IV. PROWINCJA GEOTERMALNA KARPACKA

1. Ogólne informacje geostrukturalne

Prowincja karpacka-fliszowa biegnie łukiem od okolic Wiednia, Bratysławy przez Morawy, południową część Polski i północną część Słowacji, południowo-zachodnią Ukrainę i środkowe rejony Rumunii po okolice Brasova i Ploesti. Zbudowana jest głównie z utworów fliszowych wieku kredowo-trzeciorzędowego, silnie sfałdowanych i wzajemnie na siebie ponasuwanych w formie kilku płaszczowin. Do prowincji tej zaliczane są także utwory mezozoiczne, tzw. Karpat Wewnętrznych, tworzących w strefie granicznej polsko-słowackiej subbasen podhalańsko-spiski, w którym wody geotermalne występują głównie w węglanowych utworach dolnoeoceneskich i mezozoicznych. Karpaty fliszowe oddzielone są od Karpat Wewnętrznych wąską, parokilometrową strefą wapiennych i marglistych utworów Pienińskiego Pasa Skalkowego.

Na odcinku polskim są obecne następujące jednostki (płaszczowiny): inoceramowa, podśląska, śląska, dukielsko-użocka, magurska. Każda z tych płaszczowin posiada inne cechy wykształcenia litologicznego utworów i inny charakter zbiorników wód geotermalnych. Najlepsze cechy zbiornikowe skał występują w strefach antyklinalnych i na ich skrzydłach. Skałami zbiornikowymi są głównie piaskowce przekładane łałami lub łupkami, ujęte w długie, antyklinalne formy, przeważnie obalone ku północy lub północnemu-wschodowi.

Z uwagi na to, że formy antyklinalne i synklinalne dają się śledzić na powierzchni, obszar Karpat fliszowych był najwcześniej rozpoznany pod względem geologicznym i tu wykryte zostały najwcześniej, bo już w 1854 roku, pierwsze złoża ropy naftowej i gazu ziemnego. Wykrycie tych złóż - najpierw części polskiej, a później ukraińskiej i rumuńskiej - spowodowało intensyfikację prac geologicznych kartujących i prac wiertniczych, a później również prac geofizycznych.

W wyniku tych prac wykryto i udokumentowano kilkaset złóż ropy i gazu, a ostatnio, (J. Sokołowski 1986) oszacowano także zasoby wód geotermalnych na około 69 km³. W wodach tych zawarte są potencjalne zasoby energii cieplnej w ilości 3 247 600 Gcal, tj. 13 597 000 GJ, tj. 325 min t ropy, tj. 463 min tpu. Te orientacyjnie oszacowane zasoby znajdują się w następujących subbasenach: skolskim (24 min tpu), śląskim (128 min tpu), dukielsko-użockim (58 min tpu), magurskim (45 min tpu) i podhalańskim (208 min tpu).

2. Granice prowincji

Granice łuku Karpat fliszowych dają się dość dobrze śledzić na mapach geograficznych. Powierzchnia Karpat, w ich części środkowej (Tatry), znajduje się na rzędnych około 2000 m p.p.m., a ku północy stopniowo obniża się do wartości 400-300 m. Przedpole Karpat fliszowych, zbudowane z utworów mioceneskich, jest raczej równinne lub pogórkowate i występuje na wysokościach 200-300 m n.p.m. Jednostki północne Karpat fliszowych są znacznie bardziej zerodowane i tworzą mniej wyraźne wzniesienia niż jednostki południowe. Najbardziej wyniesionymi elementami Karpat są Tatry, z nad których utwory fliszowe wcześniej istniejące, zostały zerodowane i usunięte. Obecnie w oparciu o dane geofizyczne i wiertnicze przypuszcza się, że większość utworów Karpat fliszowych jest nasunięta na utwory mioceneskie. W związku z powyższym Karpaty fliszowe (zewnętrzne) zajmują wyjątkową pozycję w Europie. Zbiorniki wód geotermalnych występują w piaskowcach

fliszowych wieku kredowo-trzeciorzędowego, podścielone są zbiornikami mioceńskimi, a więc znacznie młodszymi i nie sfaldowanymi, a jedynie częściowo ściętymi przez nasuwający się górotwór karpacki.

3. Stan rozpoznania prowincji ze szczególnym uwzględnieniem polskiej części

Geologiczne i wiertnicze rozpoznawanie prowincji karpackiej trwa już około 150 lat, w związku z czym nagromadzony został bogaty materiał na temat przypowierzchniowej budowy i odkryte zostały liczne złoża ropy i gazu, przeważnie w głębokościach do 1500 m oraz nieliczne tylko złoża na większych głębokościach. W związku z fałdowo-płaszczowinową budową Karpat fliszowych stan ich rozpoznania jest względnie dobry w górnej części i znacznie słabszy w części głębszej. Mamy więc do czynienia z inną sytuacją niż w prowincjach: epiplatformowej i przedgórskiej. Istnieją tu znaczne trudności w uzyskiwaniu wiarygodnych danych geofizycznych, a szczególnie sejsmicznych, pozwalających na stworzenie poprawnych modeli poszczególnych zbiorników i basenów geotermalnych.

W polskiej części prowincji mamy dobrze rozpoznaną jednostkę (płaszczowinę) śląską, w której odkryto liczne złoża ropy i gazu w utworach: oligocenu, eocenu i paleocenu oraz kredy dolnej. W tej jednostce można więc w miarę wiarygodnie prognozować możliwości wykorzystania złóż geotermalnych.

Względnie dobrze rozpoznana jest jednostka skolska, w której występuje kilka złóż ropy i gazu, a ostatnio otworem Wiśniowa koło Krosna stwierdzono artezyjskie wody geotermalne, na głębokości około 3 km, o temperaturze blisko 100°C.

Jednostka podśląska, ze względu na tektoniczne zniszczenie i małe rozprzestrzenienie, nie zawiera perspektyw znalezienia wód geotermalnych (z wyjątkiem rejonu Węglówki).

Jednostka magurska, znajdująca się w południowej części Karpat fliszowych i granicząca od południa z Pienińskim Pasem Skałkowym, jest bardzo słabo rozpoznana wiertnicze. Pojedyncze wiercenia w rejonach Krynicy, Nowego Targu i Suchej Beskidzkiej, wskazują na to, że i w tej jednostce istnieją zbiorniki wód geotermalnych, o temperaturach do 70°C w części południowej, ale o niezbyt dużych wydajnościach otworów.

Najbardziej korzystne warunki geologiczne i hydrogeologiczne oraz termiczne istnieją w subbasenie podhalańsko-spiskim Karpat Wewnętrznych. Na obszarze około 1000 km (w tym ok. 475 km w Polsce) rozprzestrzenione są utwory fliszu podhalańskiego, tworzące wraz z podłożem nieckę podhalańską, zawierającą skały zbiornikowe, piaszczyste i węglanowe, wypełnione wodami geotermalnymi o temperaturach od 30 do ponad 130°C. Wody te są słabo zmineralizowane (0,5-10 g/dm³) i znajdują się pod wysokim ciśnieniem artezyjskim, co znacznie ułatwia eksploatację tych wód i czyni ją opłacalną ekonomicznie. Niecka podhalańska rozpoznana jest w polskiej części 16, a w części słowackiej 5 otworami.

Pierwsze informacje o istnieniu wód geotermalnych pochodzą z końca XIX wieku. Przez wiele lat eksploatowany był basen kąpielowy z wodami termalnymi w Jaszczurówce. Obecnie nieczynny.

W latach sześćdziesiątych, dzięki realizacji projektu badawczego opracowanego przez prof. Stanisława Sokołowskiego, uzyskano wody geotermalne o temperaturze około 35°C, z otworu Zakopane IG-1. Wody te wykorzystywane są w basenie kąpielowym na Antałówce.

W roku 1979 stwierdzono wody geotermalne w otworze badawczym Instytutu Geologicznego -Bańska IG-1, na głębokości około 2650 m, o ciśnieniu artezyjskim ponad 25 atm, temperaturze 72°C i wydajności około 10 m³/h przy spadku ciśnienia o 1 atm.

W 1981 roku przedstawiono dokumentację wyników otworu (J. Sokołowski i in., 1981) na podstawie której Prezes Centralnego Urzędu Geologii wydał akt zatwierdzający zasoby w ilości 70 m³/h. Przez kilka lat prowadzono akcję zmierzającą do wykorzystania tych zasobów do celów ciepłowniczych i innych.

3.1. Powstanie pierwszego Zakładu Geotermalnego na Podhalu

W 1987 roku Międzyresortowy Zespół wykonał Projekt badań geologicznych określający zasoby i warunki eksploatacji surowców energetycznych w niecce podhalańskiej (J. Sokołowski i in. 1987). W projekcie tym przewidziano wykonanie 9 otworów mających na celu rozpoznanie wglębnej budowy niecki podhalańskiej i wytypowanie poziomów wodonośnych w utworach paleocenu i mezozoiku.

Zrealizowano otwory: Biały Dunajec PAN-1, Poronin PAN-1, Nowy Targ PIG-1, Furmanowa PIG-1, Chochołów PIG-1, Bukowina Tatrzańska PIG-1. Z braku środków finansowych nie zrealizowano dotychczas zatwierdzonych otworów: Poronin PAN-2 (do 3000 m), Bustryk-1 (do 4500 m) i Bańska-2 (do 4500 m).

W kwietniu 1988 roku Zakład Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN przedłożył do Urzędu Naukowo-Technicznego i Wdrożeń program zwiększenia efektywności pozyskania i wykorzystania surowców mineralnych, zawierający plan badań niezbędnych do uruchomienia pilotażowych zakładów geotermalnych i rozwoju energetyki geotermalnej w Polsce.

Decyzją Urzędu został utworzony CPBR 5.2 Ciepłownictwo i systemy ciepłownicze, do którego włączono problematykę geotermalną, jako kierunek 5 pn. „Wykorzystanie ciepła wód geotermalnych”. W kierunku tym wyodrębniono następujące cele (zadania):

1. Zakład Geotermalny GT-1 na Podhalu.
2. Zakład Geotermalny GT-2 na obszarze subbasenu szczecińsko-łódzkiego.
3. Zakład Geotermalny GT-3 na obszarze subbasenu grudziądzko-warszawskiego.
4. Opracowanie programu kompleksowego wykorzystania wód geotermalnych w Polsce.

W dniu 24 lipca 1989 roku w Warszawie została zawarta Umowa nr 595/89 pomiędzy:

1. Urzędem Postępu Naukowo-Technicznego i Wdrożeń, reprezentowanym przez: Dyrektora Departamentu Badań i Technologii - mgr. inż. Andrzeja Matulewicza, Dyrektora Departamentu Ekonomicznego - mgr. inż. Jacka Smolańskiego,
2. Centrum Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią - Polska Akademia Nauk (CPPGSMiE PAN) w Krakowie, zwanym „Realizatorem”, reprezentowanym przez: Kierownika Zakładu Geosynoptyki i Geotermii w CPPGSMiE PAN - prof. dr. hab. inż. Juliana Sokołowskiego, Główną Księgową CPPGSMiE PAN - Elżbietę Płonkę,
3. Centrum Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie, zwanym „Wykonawcą”, reprezentowanym przez: Dyrektora CPPGSMiE PAN - prof. dr. hab. inż. Romana Neya, Główną Księgową CPPGSMiE PAN - Elżbietę Płonkę.

Umowa dotyczyła finansowania jednostkowego przedsięwzięcia wdrożeniowego pod nazwą: „Doświadczalny Zakład Geotermalny Biały Dunajec”, będący częścią planowanego Zakładu Geotermalnego GT-1 na Podhalu.

Zgodnie z Umową, Wykonawca miał wdrożyć do eksploatacji Doświadczalny Zakład Geotermalny Biały Dunajec, który miał osiągnąć zdolność produkcyjną do dnia 31 grudnia 1993 roku. Przewidywano osiągnięcie następujących parametrów techniczno-ekonomicznych:

1. Odwiert „Bańska IG-1”, o wydajności około 525 tys. m³/rok wody geotermalnej, o temperaturze około 70°C.
2. Odwiert „Biały Dunajec PAN-1”, o podobnej wydajności, umożliwiający zatłaczanie wykorzystanej wody geotermalnej.
3. Rurociąg podwójny „Bańska IG-1”-„Biały Dunajec PAN-1”, o średnicy po 5" i długości około 1200 m, do przetłaczania wody geotermalnej między otworami.
4. Wymiennikownice ciepła przetwarzające energię wód geotermalnych o temperaturze 70-75°C:
 - na energię użytkową do co. około 65-70°C,
 - do produkcji c.w.u. o temperaturze 50-55°C,

- do produkcji wody dla potrzeb warzywnictwa i rolnictwa o temperaturze około 40-45°C,
- w balneologii, rekreacji o temperaturze 30-35°C,
- do hodowli ryb, podgrzewania gruntów i zraszania pól o temperaturze około 20-25°C.

5. Pomieszczenia i urządzenia dla racjonalnego wykorzystania produkowanej energii i ciepła odpadowego.

W oparciu o podpisaną Umowę, Zarządzeniem nr 9/89 z dnia 13 września 1989 roku Dyrektora Centrum PPGSMiE Prof. Romana Neya, została w ramach Centrum powołana samodzielna pracownia pod nazwą „Doświadczalny Zakład Geotermalny w Białym Dunajcu” podległy bezpośrednio Dyrektorowi Centrum.

Wg § 3 Zarządzenia, na stanowisko kierownika DZG został powołany prof. dr hab. inż. Julian Sokołowski, który ustanowiony został jednocześnie Pełnomocnikiem Centrum d/s budowy i eksploatacji w/w Zakładu.

Wg § 4 Zarządzenia, Kierownik Doświadczalnego Zakładu Geotermalnego upoważniony został do:

- 1) reprezentowania Centrum w sprawach dotyczących podległego Zakładu,
- 2) podejmowania zobowiązań finansowych w granicach posiadanych przez Doświadczalny Zakład Geotermalny środków,
- 3) dysponowania środkami finansowymi przyznanymi przez UPNTiW, na podstawie umowy nr 595/89, oraz środkami dewizowymi, przyznanymi na realizację Celu 1.5.B, w ramach kierunku 5 CPBR 5.2, zgodnie z ich przeznaczeniem,
- 4) prowadzenia działalności naukowo-badawczej zmierzającej do syntezy wyników doświadczeń uzyskiwanych w czasie projektowania, budowy i eksploatacji Doświadczalnego Zakładu Geotermalnego oraz do publikacji i popularyzacji tych wyników.

W Zarządzeniu podano, że Kierownik DZG zarządza wszystkimi sprawami merytorycznymi, finansowymi i pracowniczymi DZG przy pomocy: głównego księgowego, zastępcy kierownika d/s inżynierii złożowej, zastępcy kierownika d/s inżynierii ciepłowniczej, zespołu planowania i rozliczeń oraz zespołu administracyjno-gospodarczego.

W dniu 27 czerwca 1990 roku podpisano Aneks nr 1/90 do Umowy WIP 595/89, wprowadzający zmiany i uzupełnienia dotyczące środków finansowych i parametrów techniczno-ekonomicznych oraz średnicy rur z 5" na 2⁷/₈" rurociągu łączącego obydwie otwory.

W dniu 27 października 1993 roku podpisano Aneks nr 2/93 Umowy WIP 595/89, wprowadzający zmiany i uzupełnienia dotyczące rozpoczęcia eksploatacji obiektu. Aneksem tym Wykonawca zobowiązał się do osiągnięcia przez Zakład Biały Dunajec zdolności produkcyjnej i rozpoczęcia jego eksploatacji, w terminie do 31 maja 1994 roku.

W celu zintensyfikowania dopływu wody złożowej do otworu Biały Dunajec PAN-1 zaprojektowano i wykonano dwuetapowo zabieg kwasowania (18 i 19.10.1990 roku). W etapie pierwszym, mającym na celu oczyszczenie ścian otworu, wtłoczono 10 m³ cieczy kwatującej (śr. wydajność 0,3 m³/min, ciśnienie 7 MPa) i 6,5 m³ wody. W etapie drugim udrażniającym strefę przyotworową, wtłoczono 40 m³ cieczy kwasującej (śr. wydajność 0,6 m³/min, ciśnienie 9 MPa) i 10 m³ wody. W październiku i listopadzie 1990 roku stwierdzono następujące wielkości parametrów samowypływu wody geotermalnej (J. Sokołowski i in., 1990):

- wydajność: 192-217 m³/h,
- ciśnienie dynamiczne w przestrzeni pierścieniowej (między rurami o średnicy 9" a 2⁷/₈"): 18--21 atm,
- ciśnienie w syfonówkach (rury o średnicy 2⁷/₈"): 4-5 atm,
- temperatury wypływającej wody: 83-86°C.

W 1991 roku zespół w składzie: J. Sokołowski, Z. Płytycz, W. Bujakowski i P. Długosz (J. Sokołowski i in., 1991) opracował koncepcję planu zagospodarowania

przestrzennego terenu między otworami Bańska i Biały Dunajec, określającą program przestrzennej zabudowy, uwzględniający także wykorzystanie wód do celów balneologicznych, rekreacyjnych i turystycznych.

Koncepcja ta zaakceptowana przez władze gminne i wojewódzkie została ujęta w planie przestrzennym do miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego gminy Biały Dunajec, obejmującej wówczas także Bańską i Szaflary.

Sporządzono wariantowe projekty i plany realizacyjne zagospodarowania terenów bezpośrednio przy otworach Bańska i Biały Dunajec.

18.VII.1991 r. Polska Akademia Nauk zakupiła działki przy otworze „Bańska IG-1”. Sporządzony został projekt i wariantowe plany przestrzennego zagospodarowania terenu.

30.VI.1992 r. Polska Akademia Nauk dokupiła nowe działki, poszerzając teren DZG od strony północnej.

W związku z tym opracowano nowe projekty celem wyboru wariantu ekonomicznie i technicznie najkorzystniejszego.

Według w/w planu zagospodarowania przestrzennego zrealizowano:

- a) ogrodzenie terenu oraz parkingów wewnętrznych,
- b) kolektor odwadniający i drenaż opaskowy wokół zbiornika,
- c) drogę dojazdową i plac manewrowy wokół otworu Bańska IG-1,
- d) budynek wymiennikowi ciepła z pomieszczeniami towarzyszącymi,
- e) obiekty doświadczalnego wykorzystania energii geotermalnej - szklarnię oraz suszarnię,
- f) zbiornik technologiczny doświadczalnej hodowli ryb,
- g) zbiornik technologiczny, z możliwością adaptacji na basen kąpielowy z niekonwencjonalnym systemem uzdatniania wody,
- h) instalacje technologiczne obiegu wody geotermalnej i ciepłowniczej,
- i) budynek pomocniczy magazynu rdzeni geologicznych i warsztatu ze sprzętem do potrzeb bieżących wraz z ogrzewaniem, j) studnię do zaopatrzenia w wodę zakładu.

Budowę Doświadczalnego Zakładu Geotermalnego ukończono w styczniu 1993 roku. Zakład ten, w tym czasie, składał się z dwóch otworów: eksploatacyjnego Bańska IG-1 i iniekcyjnego Biały Dunajec PAN-1, oddalonych od siebie o 1200 m i połączonych rurociągiem złożonym z trzech rur o średnicy 2W. Przepływ wody, z otworu Bańska IG-1 do otworu Biały Dunajec PAN-1, odbywał się samoczynnie, bez kontaktu z atmosferą, przez co ograniczona została do minimum korozyjność wód i wytrącanie się składników mineralnych.

Po zakończeniu budowy Doświadczalnego Zakładu Geotermalnego i stwierdzeniu nadwyżek mocy cieplnej, na zlecenie gminy Szaflary, opracowany został przez firmę „Polgeotermia” Spółka z o.o., projekt geotermalnego ucieplownienia Bańskiej Niżnej. Projektem tym objęto:

- niezbędne przebudowy systemu ciepłowniczego w DZG,
- podłączenie rurociągu ciepłowniczego z Bańskiej Niżnej do wymienników DZG,
- rurociąg ciepłowniczy od DZG, pod drogą Kra-ków-Zakopane i pod torem kolejowym, do wsi Bańska Niżna,
- system połączeń od rurociągu magistralnego do poszczególnych budynków.

Zgodnie z tym projektem, na zlecenie Gminy Szaflary, w 1993 r. do Doświadczalnego Zakładu Geotermalnego podłączono 6 budynków mieszkalnych w Bańskiej Niżnej.

W 1995 roku, w związku z uruchamianiem nowego programu badawczego dotyczącego hodowli ryb ciepłolubnych, nazwa Doświadczalny Zakład Geotermalny została zmieniona na Laboratorium Geotermalne.

3.2. Działalność Geotermii Podhalańskiej S.A.

W grudniu 1993 roku utworzona została Spółka Akcyjna Geotermia Podhalańska.

Założycielami i współdziaławcami tej Spółki byli: J. Sokołowski, R. Ney, P. Długosz i W. Bujakowski; gminy: Bukowina Tatrzańska, Zakopane, Szaflary i Biały Dunajec; Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Hydrotrest S.A. i Astex Spółka z o.o..

W marcu 1994 roku Geotermia Podhalańska S.A. wystąpiła do Gminy Szaflary z propozycją przejęcia w całości spraw inwestycyjnych, związanych z uciepleniem wsi Bańska Niżna. Po zawarciu odpowiedniej umowy projekt wykonany przez „Polgeotermię” został przekazany Geotermii Podhalańskiej i przez tę firmę odpowiednio zmodyfikowany i rozszerzony. Koszt inwestycji, pierwotnie oceniony przez „Polgeotermię” na około 23 miliardy złotych, po przeróbkach wzrósł do ponad 43 miliardów złotych. Na przełomie lat 94/95 zostało podłączonych około 100 dalszych budynków.

Geotermia Podhalańska S.A. wydzierżawiła od CPPGSMiE PAN zakład geotermalny i przejęła na siebie obowiązek dostawy ciepła dla Bańskiej Niżnej.

W drugiej połowie 1995 roku Geotermia Podhalańska S.A. przebudowała rurociąg łączący oba otwory, składający się z 3 rur 2W na rurociąg 9W, wymieniła głowicę przeciwwybuchową na otworze Bańska IG-1 i rurociąg łączący otwór Bańska IG-1 z wymiennikownią ciepła.

Po dokonanych zmianach system ciepłowniczy składał się z:

- wymiennikowni ciepła, gdzie funkcjonują 2 wymienniki ALFA-LAVAL,
- rurociągu łączącego wymiennikownię z budynkiem przepompowni, gdzie mieszczą się pompy wspomagające obieg pierwotny geotermalny,
- pompy umożliwiającej przepływ wody termalnej (wtórnie podgrzanej) zasilającej system ciepłowniczy Bańskiej Niżnej,
- kompaktów zainstalowanych w każdym budynku w Bańskiej Niżnej umożliwiających transformację ciepła z rurociągu magistralnego do rurociągów indywidualnych.

W latach następnych Geotermia Podhalańska S.A. zwiększyła swój kapitał. Gros kapitału w Spółce stanowi obecnie kapitał Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Fundusz ten ma więc większość kapitału w Spółce, tak że może podejmować samodzielne decyzje. W 1988 roku Geotermia Podhalańska S.A. połączyła się ze Spółką Ciepłowniczą Tatry, tworząc jeden zakład pn. PEC Geotermia Podhalańska S.A. Zgodnie z życzeniem przedstawicieli NFOŚiGW uległ też zmianie statut Spółki. W Radzie Nadzorczej nie uczestniczą dwaj przedstawiciele gmin (jak przewidywał poprzedni statut), ale przedstawiciele NFOŚiGW, Zakopanego i Hydrotrestu. Brak jest przedstawicieli twórców zakładu geotermalnego.

Geotermia Podhalańska S.A. zaktualizowała, przy pomocy specjalistów duńskich i Banku Światowego, program wykorzystania energii geotermalnej na Podhalu. Wcześniej za pieniądze NFOŚiGW przeprowadziła prace badawcze w otworach Poronin PAN-1, Furmanowa PIG-1 i Chochołów PIG-1, które potwierdziły duże wydajności wód geotermalnych w tych otworach. Spółka uzyskała też koncesję poszukiwawczą na głębienie nowych otworów i w ramach tej koncesji wykonała dwa nowe otwory: Bańska-2, w odległości 400 m na N od Bańska-1 i Biały Dunajec-2, w odległości około 250 m na S od otworu Biały Dunajec-1. Za środki przyznane przez PHARE zakupiła rury preizolowane od dużej średnicy, którymi ma transportować wodę geotermalną z otworów w Bańskiej do Zakopanego.

Otwory Poronin PAN-1 i Furmanowa PIG-1, które według pierwotnych założeń zatwierdzonych w projekcie badań miały stanowić dublet, dotychczas są niewykorzystane. Niewykorzystany jest również otwór Chochołów IG-1 z wodami geotermalnymi, o temperaturze około 100°C i wydajności ponad 90 m³/h.

Przy otworze Bańska-2 został zbudowany budynek nowej wymiennikowni ciepła, a w Zakopanem budynek ciepłowni ogrzewanej gazem. Obecnie przebudowywany jest system ciepłowniczy w Zakopanem i kontynuowana budowa rurociągu magistralnego z Bańskiej do

Zakopanego.

3.3. Plany rozbudowy systemu geotermalnego na Podhalu

Według uaktualnionego przez Geotermię Podhalańską S.A. systemu ciepłowniczego Podhala, przewiduje się doprowadzenie ciepła geotermalnego do Zakopanego i Białego Dunajca, później do Poronina i Nowego Targu, a w dalszych etapach uciepłownienie miejscowości znajdujących się w dolinach: Białki i Czarnego Dunajca. Aktualnie obowiązujące projekty nie przewidują, a szkoda, kaskadowego wykorzystania energii geotermalnej wspólnie* z energią uzyskiwaną z gazu. Istnieje koncepcyjny projekt gminy Szaflary budowy geotermalnych obiektów turystyczno-sportowych i rekreacyjnych w Bańskiej.

3.4. Wnioski wynikające z dotychczasowych badań

Doświadczenia te pozwalają na sformułowanie następujących tez:

1. Wiercenie otworów, mających na celu udostępnienie wód geotermalnych ze zbiorników węglanowych, musi być prowadzone przy użyciu specjalnie dobranych płuczek. Kolumna rur okładzinowych postawiona w stropowej części zbiornika powinna mieć średnicę 9", a w przypadku niemożliwości zarurowania otworu taką średnicą rur, powinno się stosować rury o średnicy 7". Rury okładzinowe powinny być dobrze zacementowane do wierzchu.
2. Dowiercanie zbiornika wód geotermalnych, po orurowaniu otworu rurami 9" lub 7", powinno być prowadzone przy użyciu lekkich płuczek zabezpieczających przed kolmatacją szczelin. Nie powinno się, w żadnym przypadku, używać barytu dla zwiększenia ciężaru płuczki. Jeżeli jest konieczne jej obciążanie, to powinno się do tego celu stosować środki rozpuszczalne w kwasie solnym (np. mielony dolomit lub wapienie). Skały zbiornikowe powinny być przewiercane w miarę możliwości koronkami rdzeniowymi, po to aby mieć możliwie dokładne informacje o charakterze szczelin i o cechach litologicznych (skład mineralny, rodzaj minerałów, ich chemizm i chemizm lepiszcza wypełniającego przestrzeń między kryształami minerałów lub przestrzeń szczelinową).
3. W czasie przewiercania skał zbiornikowych powinno się w miarę możliwości jak najczęściej zapinać rurowe próbniki złoża, po to aby ocenić, które partie zbiornika są najbardziej przepuszczalne i jakie można uzyskać przyływy wód geotermalnych.
4. Po dowierceni otworu do założonej głębokości i wykonaniu pełnej analizy opróbowań, wykonanych przy pomocy rurowych próbników złoża i pomiarów przyływów wody geotermalnej, powinna być przygotowana receptura zabiegów kwasowania, zwiększających wielkość przyływu nawet 10--20-krotnie.
5. Po uzyskaniu pełnej oceny wielkości przyływu, po kwasowaniu otworu, po wykonaniu pomiarów geofizycznych, a szczególnie średnicy otworu w części niezarurowanej i pomiarów temperatury, można dopiero przystąpić do oceny zasobów wód geotermalnych i energii cieplnej, możliwej do uzyskania z otworu, jak też do opracowania poprawnego systemu eksploatacji z równoczesnym zatłaczaniem do następnego otworu w taki sposób, aby nie następował kontakt wody z powietrzem (tlenem) i aby ciśnienie wody nie spadało poniżej ciśnienia krytycznego, powodującego wytrącanie się minerałów.
6. Otwór iniekcyjny powinien być wiercony, orurowany i opróbowany w analogiczny sposób jak otwór eksploatacyjny, z tym że odległość między otworami eksploatacyjnym i iniekcyjnym powinna być, w miarę możliwości, większa niż jeden kilometr. Im większa odległość między otworami, tym mamy większą gwarancję, że nie nastąpi przebicie się wód zatłaczanych w otworze iniekcyjnym do otworu eksploatacyjnego i możemy dłużej eksploatować cały system.
7. W przypadku eksploatacji artezyjskich wód geotermalnych przy pomocy dwóch lub więcej otworów, należy dążyć do tego, aby nie stosować pomp wprowadzających

powietrze do wód. Należy dobierać takie systemy eksploatacji, aby uzyskać maksymalne wydajności bez użycia pomp.

8. Wymienniki ciepła i cały system obiegu wody wtórnej (użytkowej) powinny być dobrane i skonstruowane tak, aby zapewniały odbiór ciepła z wody geotermalnej, aż do temperatury bliskiej temperaturze krytycznej i ciśnieniu krytycznemu, przy których następuje wytrącanie się składników mineralnych zawartych w wodzie geotermalnej. Aby uzyskać takie warunki konieczne jest kaskadowe wykorzystanie ciepła do różnych celów i stosowanie ciągłego odbioru ciepła z wód geotermalnych. Stosowanie innych rozwiązań nie gwarantujących pełnego odbioru ciepła, zmniejsza wydajność otworu eksploatacyjnego, a nie wykorzystywanie ciepła, odebranego w obiegu wtórnym, powoduje radykalne pogorszenie się efektów ekonomicznych zakładu geotermalnego.
9. Rozprowadzanie ciepła do indywidualnych odbiorców z obiegu wtórnego powinno być przeprowadzane za pomocą wymienników ciepła tak, aby indywidualni odbiorcy nie mogli powodować ubytków wód i zmian termicznych w obiegu wtórnym.
10. Korzystanie z wody geotermalnej, do celów leczniczych lub rekreacyjnych, powinno być prowadzone pod specjalnym nadzorem geologicznym tak, aby był zagwarantowany system eksploatacji otworów, nie powodujący zaburzeń hydrodynamicznych.

V. REJON SUDECKI

Oprócz omówionych wyżej 3 prowincji wody geotermalne w Polsce występują także w rejonie sudeckim. Rejon ten zbudowany jest głównie ze skał prekambryjskich i paleozoicznych sfałdowanych podczas orogenez: assyntyjskiej, kaledońskiej i waryscyjskiej. Skały te w wyniku długotrwałej erozji, przyspieszanej wznoszącymi ruchami bloków podłoża, znajdują się obecnie na różnych wysokościach n.p.m. Jedynie w nieckach: północnosudeckiej i śródsudeckiej, sfałdowane i w różnym stopniu zerodowane skały paleozoiczne i starsze, przykryte są dyskordantnie utworami permu i mezozoiku, a na bloku przedsudeckim trzeciorzędu i czwartorzędu.

W rejonie sudeckim wody geotermalne stwierdzono w Cieplicach, Łądku Zdroju, Polanicy i Dusznikach. Wody te charakteryzują się niską mineralizacją i temperaturą od 20 do 76°C.

W Cieplicach Zdroju wody geotermalne wypływają z dna Kotliny Jeleniogórskiej na wysokości około 350 m n.p.m., z granitów karkonoskich, przykrytych kilkunastometrową warstwą utworów czwartorzędowych.

Ciepłe źródła wody znane są od XII wieku. W XIV, a szczególnie w XIX wieku, nastąpił rozkwit uzdrowiska Cieplice. Obecnie istnieje tam osiem ujęć wody o temperaturze od 22 do 76°C. Prowadzone jest wiercenie, mające na celu udokumentowanie nowych zasobów, dla ich wykorzystania w ciepłownictwie, balneologii, rolnictwie i warzywnictwie. Wstępne wyniki tego wiercenia wskazują na to, że w Sudetach można uzyskiwać wody nawet o temperaturze do 100°C i wody te wykorzystywać, oprócz balneologii, także w ciepłownictwie do ogrzewania pomieszczeń uzdrowiskowych, jak też w miejskich systemach ciepłowniczych.

Po wprowadzeniu ostatnich zmian organizacyjnych w zarządzaniu poszczególnymi rejonami (województwami) trzeba będzie dokonać oceny możliwości zasobów energetycznych całego województwa dolnośląskiego i na tej podstawie opracować plany perspektywiczne uciepłownienia poszczególnych powiatów i gmin.

VI. SUGESTIE WYKORZYSTANIA ENERGII GEOTERMALNEJ W OMÓWIONYCH WYŻEJ PROWINCJACH

1. Zalety energii geotermalnej

Energia geotermalna występująca w poszczególnych zbiornikach i basenach trzech omówionych wyżej prowincji ma następujące zalety:

1. Jest energią czystą, nie powodującą zanieczyszczeń środowiska przyrodniczego.
2. Występuje na ogromnych obszarach zamieszkałych przez miliony obywateli różnych państw. W Polsce z energii tej można korzystać prawie w każdym miejscu.
3. Wody geotermalne, o temperaturach od 20 do 200°C, występujące w zbiornikach na różnych głębokościach, po udostępnieniu ich otworem wiertniczym, samoczynnie wypływają na powierzchnię lub w pobliże tej powierzchni, co zmniejsza koszty uzyskiwania energii, np. w odniesieniu do energii z węgla, ropy naftowej i gazu ziemnego, które muszą być wydobywane na powierzchnię przy użyciu dodatkowej energii.
4. Wody geotermalne, po oddaniu ciepła w wymiennikach ciepła, samoczynnie (na zasadzie różnicy ciężyć) zatłaczają się do złoża, z którego zostały wydobyte, nie powodując ubytku zasobów wód, a jedynie ubytek energii cieplnej. W przypadku węgla, ropy czy gazu następuje całkowite zniszczenie wydobytych zasobów.
5. Właściwe zagospodarowanie energii geotermalnej musi znajdować się w gestii władz gminnych lub powiatowych, gdyż energia ta, bez przetworzenia, nie może być transportowana na większe odległości.
6. Poszczególne gminy, posiadające na swoim terenie zasoby energii geotermalnej, powinny czynić wszystko co jest możliwe, aby zasoby te służyły obywatelom gmin. Powinny więc posiadać odpowiednie regulacje prawne i projekty kaskadowego wykorzystania energii geotermalnej do różnych celów. Energia ta może być znacznie tańsza niż energia z węgla, ropy lub gazu.

2. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w prowincji Europy północno-zachodniej i centralnej

Baseny wód geotermalnych znajdują się w utworach dolnokredowych, górnourajskich, środkowourajskich i dolnourajskich, w centralnych rejonach prowincji, występują na głębokościach od 1000 do 3000 m. Wymienione baseny, z wyjątkiem górnou-rajskiego, posiadają zbiorniki porowe, piaszczyste, a jedynie basen górnourajski posiada zbiorniki węglanowe. Eksploatacja wód geotermalnych, ze zbiorników piaskowcowych, jest bardziej skomplikowana pod względem technicznym niż eksploatacja wód geotermalnych ze zbiorników węglanowych. Zbiorniki węglanowe mogą być udostępniane systemem bez rurowania i dodatkowo wydajności wód zwiększane przez stosowanie zabiegów intensyfikacji (kwasowania). Przy eksploatacji zbiorników piaskowcowych zachodzi niebezpieczeństwo erozji rur i pomp materiałem piaszczystym niesionym przez wody geotermalne.

Dotychczasowe zakłady geotermalne, na obszarze Danii, Niemiec i Polski, korzystają głównie z wód zbiorników piaskowcowych. W toku eksploatacji stwierdzono znaczną korozję rur i wytrącanie się substancji mineralnej. Powoduje to konieczność wymiany filtrów i pomp, w określonych odstępach czasu, co podraża proces eksploatacji. Z podobnymi zjawiskami spotkano się też w zakładzie geotermalnym w Pyrzycach.

Na obszarze Polski w subbasenach: grudziądzko-warszawskim i mogileńsko-łódzkim, istnieją bardzo korzystne warunki do eksploatacji wód geotermalnych ze zbiorników węglanowych malmu, gdzie te niekorzystne zjawiska nie powinny zachodzić. Wody geotermalne z tych zbiorników dotychczas nie są eksploatowane.

Mając na uwadze powyższe cechy zbiorników trzeba indywidualnie rozpatrywać, które z nich powinny być eksploatowane w danej miejscowości.

W peryferyjnych obszarach prowincji baseny wód geotermalnych występują w zbiornikach piaskowcowych kajpru i pstrego piaskowca oraz węglanowych wapienia muszlowego, cechsztynu, dolnego karbonu oraz górnego i środkowego dewonu. Wody tych zbiorników są znacznie bardziej zmineralizowane niż wody zbiorników jurajskich i kredowych.

W północno-wschodnich rejonach Polski oraz na Litwie, Łotwie, Estonii i w okręgu kaliningradzkim Rosji, zbiorniki wód geotermalnych istnieją także w piaskowcach kambru. Wody tych zbiorników mają różną mineralizację i temperaturę, nie wyższą jak 90°C. Zbiorniki posiadają różną porowatość i przepuszczalność, na skutek wtórnej mineralizacji przestrzeni porowej.

W związku z powyższym, kraje takie jak: Estonia, Łotwa, Litwa, okręg kaliningradzki Rosji oraz województwa mazurskie i podlaskie, będą mogły korzystać z wód geotermalnych, występujących w zbiornikach kambryjskich. Pozostałe województwa Polski (z wyjątkiem małopolskiego i podkarpackiego), jak też Niemcy, Dania, Holandia, częściowo Szwecja i Anglia będą mogły wykorzystywać wody geotermalne ze zbiorników mezozoicznych, w późniejszym okresie także zbiorników permskich oraz karbońsko-dewońskich (po opanowaniu technologii eksploatacji).

Biorąc pod uwagę duże rozprzestrzenienie wymienionych zbiorników można założyć, że w XXI wieku wszystkie gminy lub powiaty na obszarze Polski, a także jednostki administracyjne sąsiednich państw, będą mogły korzystać z energii wód geotermalnych do celów:

- **suszarniczych**, umożliwiających suszenie produktów rolnych (zboże, owoce, warzywa, trawy), produktów hodowlanych (mięso, tłuszcze) i produktów przemysłowych,
- **chłodniczych**, umożliwiających przechowywanie produktów rolno-spożywczych, przetworów warzywniczych i hodowlanych,
- **ciepłowniczych**, umożliwiających ogrzewanie pomieszczeń mieszkalnych i socjalno-komunalnych, rolniczych, warzywniczych, hodowlanych, przemysłowych,
- **balneologicznych**, umożliwiających kąpiele lecznicze (borowinowe, błotne, wodne, bicze wodne),
- **rekreacyjnych**, umożliwiających kąpiele w basenach, brodzikach, itp.
- **sportowych**, umożliwiających odnowę biologiczną.

3. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w prowincji przedkarpackiej

W obrębie tej prowincji nie ma dotychczas zakładu geotermalnego. Istnieją natomiast wstępne projekty takich zakładów, wykonane na zlecenie władz lokalnych, dla Tarnowa, Myślenic i Suchej Beskidzkiej. Można mieć nadzieję, że około 2000 roku zostanie uruchomiony pierwszy zakład geotermalny w jednej z tych miejscowości.

W dalszych latach należy oczekiwać budowy zakładów geotermalnych o kaskadowym wykorzystaniu wód dla różnych celów w takich miejscowościach jak: Pilzno, Brzesko, Bochnia, Kraków, Kalwaria Zebrzydowska, Wadowice, Bielsko-Biała i inne.

4. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w prowincji karpackiej

W Karpatach znane są uzdrowiska z wodami geotermalnymi:

Iwonicz Zdrój, od 1578 roku, gdzie eksploatuje się wody o temperaturze powyżej 20°C i z wód tych otrzymuje się sól leczniczą i kosmetyczną. W latach 1960 udostępniono wody geotermalne odwiertami Lu-batówka-12 i Lubatówka-14, z których wody geotermalne odprowadza się rurociągami do Iwonicza (3,5 km) i tam w zakładzie przyrodolecznym wy-

korzysta się do kąpeli i do produkcji soli leczniczej i kosmetycznej;

Rabka, znana od 1364 roku, a źródła geotermalne z warstw krośnieńskich eksploatowane są dla potrzeb balneologicznych (choroby dziecięce) od 1861 roku. Ostatnio w odwiercie Rabka IG-1, na głębokości 1215 m, udostępniono poziom wód geotermalnych w warstwach krośnieńskich, o zasobach 4,5 m/h i temperaturze 28°C na wypływie;

Zakopane, gdzie od 1844 roku znane było źródło Jaszczurówka, o temperaturze powyżej 20°C, a od lat sześćdziesiątych wykorzystywane są wody geotermalne z otworu Zakopane IG-1 na Antałówce do celów kąpielowych. W roku 1993 uruchomiono pierwszy zakład geotermalny w Bańskiej-Białym Dunajcu.

Przewiduje się, że w pierwszej dekadzie XXI wieku zakończy się budowę systemu ciepłowniczego na Podhalu i być może uruchomi się zagospodarowanie wód geotermalnych w zakładzie balneologiczno-sportowym w Bańskiej.

Oprócz zagospodarowania wód geotermalnych Podhala, o wyjątkowo korzystnych warunkach hydrogeologicznych, powstaną nowe zakłady geotermalne w innych rejonach polskiej części Karpat takich jak: Krynica, Muszyna, Sucha Beskidzka, Komańcza, Polańczyk oraz Wiśniowa koło Krosna.

5. Plany wykorzystania energii geotermalnej do celów rolniczych

W 1997 roku opracowany został program szerokiego wykorzystania energii geotermalnej do rekonstrukcji rozdrobnionego rolnictwa na obszarze Małopolski (dawne województwo bielsko-bialskie, krakowskie, nowosądeckie, tarnowskie, tarnobrzeskie, rzeszowskie, przemyskie, krośnieńskie). Zgodnie z tym programem przewiduje się, że energia geotermalna zostanie wykorzystana w wielu dziedzinach obejmujących: przetwórstwo produktów rolnych, suszarnictwo, chłodnictwo oraz balneologię i rekreację. Szerokie zastosowanie energii wód geotermalnych pozwoli na zatrzymanie w rolnictwie znacznej, liczby ludności, która obecnie nie ma zatrudnienia w rolnictwie. Dzięki energii geotermalnej powinny powstać nowe zakłady suszarnicze, chłodnicze, jak też zakłady nowoczesnej hodowli roślin, zwierząt i ryb. Wprowadzenie energii wód geotermalnych na tym terenie jak też na obszarze Polski, powinno znacznie zmniejszyć stan zanieczyszczenia atmosfery, hydrosfery i litosfery i przez to przyczynić się do poprawy stanu środowiska przyrodniczego.

6. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w obiektach powstałych w związku z budową autostrad

W związku z zaplanowaną budową sieci autostrad, powinno się rozważyć istniejące możliwości wykorzystania energii geotermalnej i innych niekonwencjonalnych energii, do ogrzewania pomieszczeń (stacje benzynowe, restauracje, obiekty turystyczne, warsztaty naprawcze, itp.) powstających w sąsiedztwie autostrad, jak też do podgrzewania autostrad w miejscach, gdzie powstają oblodzenia w okresach zimowych. Wzdłuż autostrad należy też przewidzieć strefy wypoczynkowe zasilane w wody geotermalne i energię możliwą do uzyskania tych wód.

VII. WNIOSKI

1. Omówione wyżej trzy prowincje geotermalne Europy północno-zachodniej i środkowej zajmują na lądzie około miliona km², zamieszkałych przez ponad 100 mln mieszkańców. Gęstość zaludnienia na tych obszarach wynosi średnio ponad 100 mieszkańców/km², co przy uwzględnieniu niskich temperatur panujących w tej strefie, stwarza duże zapotrzebowanie na energię cieplną.
2. W XX wieku potrzeby energetyczne tego obszaru pokrywano głównie przez spalanie węgla kamiennego i brunatnego oraz ropy naftowej i gazu ziemnego, a w ostatnich latach także przez eksploatację zakładów jądrowych.

3. Obecnie, na przełomie XX i XXI wieku, zaistniała sytuacja wymaga ograniczenia palnych nośników energii i zastąpienia ich nośnikami czystymi.
4. Państwa mające swoje terytoria na obszarze trzech omówionych prowincji, posiadają dogodne warunki do ograniczenia palnych nośników energii i zastąpienia ich, w systemach ciepłowniczych, nośnikami czystymi. Jedynie wytwarzanie prądu elektrycznego przez najbliższe lata oparte być musi na nośnikach tradycyjnych (węgiel, ropa, gaz, energia jądrowa). W drugim ćwierćwieczu, a szczególnie w drugiej połowie XXI wieku, możliwe będzie wytwarzanie energii elektrycznej z gorących suchych skał lub z innych źródeł obecnie trudnych do określenia.
5. Polska, która w 1998 roku dokonała reformy administracyjnej kraju i zmierza do wejścia w struktury zachodnioeuropejskie, powinna już od 1999 roku przystąpić do opracowywania długofalowych planów energetycznych, uwzględniających wszystkie znajdujące się w obrębie danego regionu (województwa), powiatu i gminy zasoby energetyczne.
6. Proponuje się, aby w najbliższych 2-3 latach oceny takie zostały wykonane dla wszystkich województw, powiatów i gmin i aby w oparciu o te oceny stworzyć plany budowy zakładów geotermalnych połączonych z wykorzystywaniem innych odnawialnych źródeł energii.
7. Gdyby taka koncepcja została zaakceptowana przez odpowiednie organy administracyjne, to można przyjąć, że w ciągu następnych 2-3 lat, w każdym województwie powstanie pilotażowy zakład kompleksowego wykorzystania zasobów energii odnawialnej.
8. Po zbudowaniu i sprawdzeniu efektywności takich zakładów w poszczególnych województwach, można by przystąpić do budowy analogicznych zakładów w poszczególnych powiatach, a po ich wykonaniu do budowy zakładów w poszczególnych gminach.
9. Przy przyjęciu takich założeń należałoby oczekiwać, że w pierwszej połowie XXI wieku na terenie Polski powstanie minimum 100 zakładów produkujących około 1500 MW. Energia cieplna z tych zakładów może, w znacznym stopniu, zmniejszyć ilość spalane go węgla i polepszyć stan środowiska naturalnego. Koszt budowy tych zakładów można wstępnie szacować na 1-2 mld USD. Energia cieplna z tych zakładów może znaleźć zastosowanie w ciepłownictwie komunalnym i indywidualnym, w suszarnictwie, chłodnictwie, rolnictwie, warzywnictwie, hodowli i budownictwie drogowym. Dodatkowo wody geotermalne z tych zakładów mogą przyczynić się do rozwoju balneologii oraz agroturystyki i sportu, co może spowodować znaczne ożywienie gospodarcze poszczególnych regionów.
10. Gdyby szacowane koszty inwestycji geoenergetycznych, wynoszące około 20-40 mln USD rocznie, były możliwe do zwiększenia, to można by zakładać znaczne zwiększenie mocy energii cieplnej, gdyż zasoby i stan ich rozpoznania na to pozwalają.
11. Energia odnawialna może przyczynić się do unowocześnienia gospodarki energetycznej i rolnictwa oraz do poprawy stanu środowiska przyrodniczego, szczególnie w krajach kandydujących do Unii Europejskiej.
12. Dotychczasowe doświadczenia z realizacji inwestycji geotermalnych w Polsce wskazują na potrzebę zmian legislacyjnych i sposobów finansowania tego typu inwestycji. **Zmiany legislacyjne ze względu na to, że w zakładach geotermalnych nie wydobywa się wód, a jedynie odbiera energię od tych wód, powinny zmierzać do uprawnienia władz gminnych, powiatowych lub wojewódzkich do wydawania decyzji o sposobie korzystania z tej energii.** Zcentralizowanie tych decyzji, tak jak to się odbywa przy innych surowcach mineralnych, w przypadku wód geotermalnych nie ma uzasadnienia.
13. Finansowanie zakładów geotermalnych powinno być dostosowane do potrzeb

poszczególnych gmin lub powiatów i zapewniać władzom tych jednostek przewagę własnego kapitału tak, aby wydawane decyzje były zgodne z potrzebami lokalnych społeczności.

14. Projektowanie nowych zakładów geotermalnych powinno być prowadzone tak, aby można było wykorzystywać i inne odnawialne źródła energii, takie jak: wiatr, promienie słoneczne, biomasę, biogaz i energię płynącą wody.

LITERATURA

- [1] WYSOCKI I. W. i in., 1976 — Sprawocznik po ropy i gazowym miastorożdieniam zarubieźnych stran, Niedra, Moskwa.
- [2] SOKOŁOWSKI J., 1979 — Metody poszukiwania złóż ropy i gazu.
- [3] SOKOŁOWSKI J. i in., 1981 — Dokumentacja geologiczna otworu badawczego Bańska IG-1. Arch. IG OK. Kraków.
- [4] SOKOŁOWSKI J., 1985 — Prowincje, baseny i zbiorniki geostukturalne, geotermalne i ropo-gazonożne Polski. W: Stan rozpoznania i perspektywy wykorzystania wód termalnych. Kraków 24-25 października).
- [5] SOKOŁOWSKI J. i in., 1985 — Ocena warunków geologicznych liasowych wód geotermalnych i wstępna ocena możliwości ich wykorzystania w Polsce (SITPNiG Zespół Rzeczoznawców).
- [6] SOKOŁOWSKI J., 1986 — Wstępna ocena możliwości wykorzystania energii geotermalnej w Polsce. Artykuł w materiałach z konferencji AGH, Kraków 14-15 listopada 1986. [7] SOKOŁOWSKI J., TOMASZEWSKI A., 1987 — Atlas Geosynoptyki Naftowej. Wyd. Geol., Warszawa. [8] NEY R., SOKOŁOWSKI J., 1987 — Wody geotermalne Polski i możliwości ich wykorzystania. Nauka Polska nr 6. [9] SOKOŁOWSKI J. i in., 1987 — Projekt badań geologicznych określający zasoby i warunki eksploatacji surowców energetycznych w niecce podhalańskiej. Arch. CPPGSMiE PAN, Kraków.
- [10] HAENEL R., STAROSTĘ E., 1988 — Atlas of Geothermal Resources in European Community. Austria and Switzerland.
- [11] SOKOŁOWSKI J. i in., 1989 — Wstępny plan zagospodarowania obejmujący bilans cieplny obiektów przeznaczonych do zaopatrzenia w energię cieplną w rejonie zakładu geotermalnego GT-III Skierniewice. Oprac. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków.
- [12] SOKOŁOWSKI J., 1989 — Koncepcja budowy zakładu geo-termalnego GT-III w Skierniewicach. TPGGiG nr 3, Zakopane.
- [13] SOKOŁOWSKI J., KACZYŃSKI J. i in., 1989 — Projekt badań geologicznych określających warunki występowania płynnych surowców energetycznych w mezozoiku rejonu Ju-stynów-Żychlin-Skierniewice-Jezów. Opr. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków.
- [14] SOKOŁOWSKA J., SOKOŁOWSKI J., 1990 — Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w Stargardzie Szczecińskim, TPGGiG nr 6, Kraków.
- [15] SOKOŁOWSKI J. i in., 1990 — Stan rozpoznania energii geotermalnej w Polsce i możliwości jej wykorzystania jako jednego z alternatywnych źródeł energii. Opr. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków.
- [16] SOKOŁOWSKI J., 1990 — Geologia regionalna i złożowa. Warszawa.
- [17] KROKOSZYŃSKA M., PILECKA E., SOKOŁOWSKA J., 1991 — Warunki geologiczne występowania wód geotermalnych w rejonie Gniezna, TPGGiG nr 1-2.
- [18] HURTING E., ČERMAK V., HAENEL R., ZUI V., 1991 — Geotermalny Atlas Europy.
- [19] MROZEK K., SOKOŁOWSKI J., 1991 — Możliwości wykorzystania wód geotermalnych w rejonie Koła, TPGGiG nr 1-2, Kraków.
- [20] SOKOŁOWSKA J., 1991 — Metodyka poszukiwania złóż kopaliny płynnych. W: Studia i Rozprawy nr 10, Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków.
- [21] SOKOŁOWSKI J. i in., 1991 — Koncepcja planu zagospodarowania przestrzennego terenu w rejonie otworów Bańska i Biały Dunajec. Opr. arch., Gmina Biały Dunajec.
- [22] SOKOŁOWSKA J., SOKOŁOWSKI J., 1991 — Dokumentacja geologiczna zasobów energii cieplnej możliwej do wydobycia odwiertem Skierniewice GT-1 z dolnoliasowego zbiornika wód geotermalnych na tle zasobów liasowego subbasenu grudziądzko-warszawskiego. Opr. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków.
- [23] SOKOŁOWSKA J., 1991 — Szansę wykorzystania wód geotermalnych w Tarnowie, TPGGiG nr 1-2, Kraków.
- [24] SOKOŁOWSKI J. i in., 1992 — Geosynoptyczny Atlas Polski. Wyd. Polska Agencja Ekologiczna.
- [25] SOKOŁOWSKA J., SOKOŁOWSKI J., 1992 — Ocena zasobów energii cieplnej możliwej do wydobycia odwiertem Skierniewice GT-1, TPGGiG nr 5, Kraków.
- [26] SOKOŁOWSKI J. i in., 1992 — Geosynoptical atlas of Poland, Kraków-Warszawa.
- [27] HURTING E., ČERMAK V., HAENEL R., ZUI V., 1992 — Geothermal Atlas of Europe.
- [28] SOKOŁOWSKA J., SOKOŁOWSKI J., 1992 — Ocena potencjalnych zasobów i koncepcja wykorzystania wód geotermalnych w Żyrardowie, Arch. CPPGSMiE PAN, Kraków.
- [29] SOKOŁOWSKI J., SOKOŁOWSKA J., GŁADYSZ M., 1992 — Koncepcja wykorzystania energii geotermalnej na terenie PPO w Szczecinie. Arch. CPPGSMiE PAN, Kraków.
- [30] SOKOŁOWSKA J., SOKOŁOWSKI J., 1992 — Stan rozpoznania zasobów wód geotermalnych w rejonie Skierniewic-Mszczonowa. Mat. Konferencyjne: Metodyka prognozowania i poszukiwania złóż kopaliny płynnych na tle geodynamiki Europy Środkowej, Zakopane.
- [31] SOBAŃSKI R., KABAT M. i in., 1992 — Studium nt. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej dla celów ciepłowniczych w Szczecinie. Opracowanie wyk. dla PUI Eko-Inwest S.A. (praca nie publikowana).
- [32] GÓRECKI W. i in., 1993 — Projekt zakładu geotermalnego w Uniejowie.
- [33] SOKOŁOWSKA J., SOKOŁOWSKI J., 1993 — Projekt badań geologicznych określających zasoby i warunki eksploatacji wód geotermalnych w Żyrardowie. Polgeotermia Sp. z o.o. na zlecenie Zarządu Miasta Żyrardowa.
- [34] MEYER Z., SOBAŃSKI S., 1993 — Pierwszy w Polsce ciepłowniczy zakład geotermalny w Pyrzycach, TPGGiG nr 5-6, Kraków.
- [35] SOKOŁOWSKI J., SOKOŁOWSKA J., GŁADYSZ M., 1993 — Koncepcja wykorzystania energii geotermalnej w Szczecinie, TPGGiG nr 2, Kraków.
- [36] MEYER Z., 1994 — Wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce na przykładzie miejskiego systemu grzewczego w Pyrzycach opartego o ciepłownię geotermalną. Mat. Konferencyjne: Obecny stan środowiska i program eko-rozwoju Tatr, Podhala, Spisz, Orawy, Pienin i Gorców, Zakopane.

- [37] SOKOŁOWSKI J., TOMASZEWSKI A., KROKOSZYŃSKA M., 1994 — Warunki występowania i możliwości wykorzystania energii geotermalnej w dzielnicy Praga, Gminie Warszawa-Praga Południe. Etap I - Warunki występowania energii geotermalnej. Oprac. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków. [38] SOKOŁOWSKI J. i in., 1995 — Prowincje i baseny geotermalne Polski. Oprac. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków. [39] SOKOŁOWSKI J., TOMASZEWSKI A., KROKOSZYŃSKA M., 1995 — Warunki występowania i możliwości wykorzystania energii geotermalnej w dzielnicy - Gminie Warszawa-Praga Południe, TPGGiG nr 4-5, Kraków.
- [40] SOKOŁOWSKI J., 1995 — Analiza możliwości wykorzystania energii do celów ciepłowniczych w rejonie Łodzi. Oprac. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków. Na zlecenie Urzędu Miejskiego w Łodzi.
- [41] SOKOŁOWSKI J., TOMASZEWSKI A., KROKOSZYŃSKA M., 1996 — Możliwości budowy zakładów geotermalnych w województwie bydgoskim. Oprac. arch. CPPGSMiE PAN i TPGGiG nr 3-4, Kraków.
- [42] SOKOŁOWSKI J., 1996 — Perspektywy znalezienia złóż wód geotermalnych i zbiorników na odpady ciekłe w województwie krakowskim, TPGGiG nr 3-4, Kraków.
- [43] SOKOŁOWSKI J. i in., 1996 — Propozycje wykorzystania ewentualnych zasobów ciepła geotermalnego w Jeleniej G6 rze- Cieplicach dla celów rekreacyjnych i produkcyjnych wraz z analizą ekonomiczną. Oprac. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków. Opublikowane częściowo w 1998 r. w TPGGiG nr 1-2.
- [44] SOKOŁOWSKI J., 1996 — Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w rejonie miasta Łodzi. TPGGiG nr 6, Kraków.
- [45] MAKOUDI S., 1996 — Warunki występowania i ocena możliwości wykorzystania wód geotermalnych w województwie tarnowskim. TPGGiG nr 5, Kraków.
- [46] Studium zagospodarowania wód geotermalnych w województwie krakowskim (W. Bujakowski i inn., 1997). Oprac. arch. CPPGSMiE PAN, Kraków. Na zlecenie Wojewody.
- [47] SOBĄŃSKI R., KABAT M., 1997 — Uwagi do sposobów wykorzystania wód geotermalnych w ciepłownictwie. W: Polska Szkoła Geotermalna, III Kurs, Kraków-Straszęcín k/Dębicy.
- [48] SOKOŁOWSKI J., 1997 — State of the ART. Of geothermal energy use in Poland. W: Strategy of geothermal development in agriculture in Europe at the end of XX-th century. Anka-ra-Skopie, Turcja.
- [49] SOKOŁOWSKI J., ULIASZ-MISIAK B., 1997 — Situation and perspectives in the EC and in the central and east European countries. W: Strategy of geothermal development in agriculture in Europe at the end of XX-th century. Ankara-Skopie, Turcja.
- [50] SOKOŁOWSKI J., 1997 — Ocena możliwości wykorzystania wód geotermalnych w województwie ciechanowskim. TPGGiG nr 3-4, Kraków.
- [51] SOKOŁOWSKI J., MAKOUDI S., 1997 — Ocena ekologiczno-ekonomiczna wykorzystania wód geotermalnych w województwie tarnowskim z uwzględnieniem zasobów gazu ziemnego. Oprac. arch. PPSMiE PAN, Kraków.
- [52] SOKOŁOWSKI J., 1998 — Ocena możliwości wykorzystania energii geotermalnej dla ochrony środowiska przyrodniczego w województwie olsztyńskim. TPGGiG nr 3, Kraków.
- [53] SOKOŁOWSKI J., ULIASZ-MISIAK B., 1998 — Możliwości rozwoju geoenergetyki, balneologii i rekreacji w województwie bielskim. TPGGiG nr 1-2, Kraków.
- [54] SOKOŁOWSKI J., 1998 — Odwiert Jachówka-2K w Bładzonce jako przyszłe źródło energii cieplnej i wód leczniczych dla Suchej Beskidzkiej oraz Związku Gmin Dorzecza Górnej Skawy-Świnnej Poręby. TPGGiG nr 1-2, Kraków.
- [55] SOKOŁOWSKI J., PILECKA E., 1988 — Propozycja wykorzystania wód geotermalnych w aspekcie ochrony środowiska dla miasta Jeleniej Góry. TPGGiG nr 1-2, Kraków.
- [56] SOKOŁOWSKI J. i in., 1998 — Projekt badań geotermalnych w otworze Jachówka-2K na podstawie danych uzyskanych z dotychczasowych prób i badań w otworze. Część I. Polska Geotermalna Asocjacja, Kraków.
- [57] Dokumentacja geologiczno-zasobowa rejonu Suchej Beskidzkiej ze szczególnym uwzględnieniem badań przeprowadzonych w otworach wiertniczych.
- [58] SOKOŁOWSKI J. i in., 1998 — Projekt badań geologicznych określających zasoby wód geotermalnych pod miastem i gminą Myślenice. Polska Geotermalna Asocjacja i CPPGSMiE PAN, Kraków.