

Marek HAJTO<sup>1</sup>

## ZASOBY I MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA WÓD TERMALNYCH W REJONIE POGÓRZA ŚRODKOWOBESKIDZKIEGO, BESKIDU ŚRODKO- WEGO ORAZ BESKIDU LESISTEGO

Artykuł przedstawia wyniki oszacowań zasobów energii geotermalnej zakumulowanej w utworach formacji fliszowej oraz w skałach podłoża fliszu karpackiego w rejonie polskiej części Karpat wschodnich, od południka Gorlic, po Bieszczady. Obszar ten obejmuje powierzchnię ok. 9830 km<sup>2</sup>, co stanowi ok. 3,2% powierzchni Polski. Przedstawiono także lokalizację perspektywicznych stref oraz wskazano możliwości i kierunki optymalnego wykorzystania wód geotermalnych do celów ciepłowniczych i/lub balneoterapeutycznych w omawianym rejonie. Prezentowane wyniki badań są efektem pogłębionych analiz, wykonanych w ramach prac statutowych Katedry Surowców Energetycznych AGH wykonanych na kanwie projektu pt. "Atlas geotermalny Karpat wschodnich", zrealizowanego przez AGH na zlecenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2010-2013. Obliczenia zasobów przeprowadzono z uwzględnieniem przyjętej klasyfikacji zasobów energii geotermalnej - zgodnie z diagramem McKelvey'a. Podano wielkości szacunkowe energii zakumulowanych w poszczególnych zbiornikach geotermalnych, a wyniki obliczeń odniesiono do wielkości zasobów energii geotermalnej zakumulowanych w innych regionach Polski. Relatywnie niski potencjał geotermalny stwierdzono zarówno w obrębie utworów fliszowych, jak i w zbiornikach geotermalnych mezozoiczno-paleozoicznego podłoża Karpat fliszowych. Przeprowadzone analizy wskazują, że utwory miocenu, występujące pod nasunięciem fliszu, lokalnie charakteryzują się korzystnymi własnościami zbiornikowymi. Najbardziej interesująco, z punktu widzenia możliwości wykorzystania wód geotermalnych do celów grzewczych, prezentuje się rejon Błędowej Zgłobieńskiej, ok. 15 km na zachód od Rzeszowa. Według oszacowań możliwe jest tam uzyskanie wydajności ujęć wód termalnych na poziomie ok. 30 m<sup>3</sup>/h, o temperaturze ok. 72°C i mineralizacji ok. 54 g/dm<sup>3</sup>.

**Słowa kluczowe:** energia geotermalna, zasoby geotermalne, Karpaty wschodnie, Beskidy

---

<sup>1</sup> Autor do korespondencji: Marek Hajto, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Surowców Energetycznych, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel: +4812 617-38-39, mhajto@agh.edu.pl

## 1. Wstęp

Rejon Karpat uważany jest za światową kolebkę przemysłu naftowego. Pierwsza polska kopalnia ropy naftowej powstała w 1854 r. z inicjatywy Ignacego Łukasiewicza w Bóbrce koło Krosna. Pierwszy polski zakład destylacji ropy naftowej powstał w 1856 r. w Ulaszowicach koło Jasła, drugi w 1858 w Kłęczanach, a trzeci w 1861 roku w Polance. Jedną z najstarszych rafinerii na świecie powstała w Gorlicach w 1884 roku. Analiza materiałów archiwalnych oraz baz danych, w tym PGNiG S.A. wskazuje, że we wschodniej części polskich Karpat odwiercono ponad 7500 otworów, w tym otwory poszukiwawcze, badawcze (PIG-PIB<sup>1</sup>) i eksploatacyjne. W latach 1990-2012 odwiercono na obszarze wschodniej części Karpat 245 otworów poszukiwawczych, z czego w ostatnich latach, tj. po 2010 roku 10 otworów. Od początku poszukiwań w opisywanej części Karpat odkryto 47 złóż ropy naftowej bądź ropy naftowej i gazu ziemnego. W rejonie Polskich Karpat wschodnich w 1988 roku odwiercono otwór Kuźmina-1, o głębokości 7541 m, który do tej pory jest najgłębszym otworem w Polsce. W otworze tym dokonano pomiaru najwyższej temperatury górotworu w rejonie polskich Karpat wschodnich - 178,5°C. Najwyższą temperaturę wód geotermalnych w rejonie Karpat wschodnich stwierdzono zaś w otworze Brzegi Dolne IG-1 (gm. Ustrzyki Dolne). W otworze tym, z poziomu warstw inoceramowych jednostki skolskiej, występujących na gł. ok. 4300 m, uzyskano przypływ wód o temperaturze 105°C [3]. Ostatnimi otworami, odwierconymi w tym rejonie są otwory: Niebieszczy-1 (gł. 4219 m) oraz Dukla-1 (gł. 5500 m), odwiercone w roku 2012.

Pomimo dużej ilości odwierconych otworów dotychczasowe rozpoznanie Karpat wschodnich pod względem geotermalnym jest relatywnie słabe. W zasadzie w tym rejonie Karpat nie odwiercono żadnego głębokiego, typowego otworu geotermalnego, a rozpoznanie w tym zakresie oparte jest na informacji geologicznej zawartej w dokumentacjach naftowych. W rejonie polskich Karpat wschodnich udzielono dotychczas czterech koncesji<sup>2</sup> na poszukiwanie, rozpoznanie oraz wydobywanie wód leczniczych, termalnych i solanek, w miejscowościach: Wapiennem, Wysowej, Rymanowie, Iwoniczu i Polańczyku. Jedyną wodą termalną wykorzystywaną na analizowanym obszarze jest woda kwasowęgłowa, która została udostępniona odwiertami ponaftowymi w rejonie Iwonicza: Lubatówka 12, o głębokości 1151,5 m i Lubatówka 14, o głębokości 820 m.

---

<sup>1</sup> PIG-PIB – Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy

<sup>2</sup> zgodnie z obowiązującym obecnie Prawem geologicznym i górniczym (Dz.U. 2011 r. Nr 163, poz. 981) poszukiwanie, rozpoznawanie oraz wydobywanie niskotemperaturowych zasobów wód podziemnych w celach energetycznych jest działalnością nie podlegającą procedurze koncesyjnej

## **2. Lokalizacja oraz charakterystyka geograficzna i geologiczna rejonu badań**

Obszar badań zlokalizowany jest w południowo-wschodniej Polsce i obejmuje południową część województwa podkarpackiego oraz skrajną, wschodnią część województwa małopolskiego, od południka Gorlic. Oszacowania zasobów energii geotermalnej dokonano w obszarze ograniczonym linią wododziałowej drugiego rzędu – na rzece Biała (na W od Gorlic) – na zachodzie, granicą państwa na wschodzie i południu oraz granicą nasunięcia Karpat fliszowych – na północy. Obszar ten zajmuje powierzchnię ok. 9830 km<sup>2</sup>, co stanowi 3,2% powierzchni Polski. Lokalizację obszaru badań na tle mapy geologiczno-strukturalnej wschodniej części Karpat Polskich przedstawiono na rysunku 1.

### **2.1. Charakterystyka geograficzna**

Zgodnie z podziałem fizyczno-geograficznym przyjętym przez Kondraciego [10] obszar badań należy w przeważającej części do podprowincji zewnętrznych Karpat zachodnich, a niewielki fragment obejmuje Beskidy Wschodnie (Góry Sanocko-Turczańskie oraz Bieszczady Zachodnie), które należą do podprowincji Karpat wschodnich. Rzeszów zlokalizowany jest w obrębie mezoregionu Podgórze Rzeszowskiego będącego fragmentem rozciągającej się na północ makroregionu Kotliny Sandomierskiej. W obrębie Zewnętrznych Karpat zachodnich na analizowanym obszarze znajduje się Beskid Niski, będący częścią Beskidów Środkowych oraz Pogórze Środkowobeskidzkie będące pasmem wzgórz i kotlin śródgórskich o szerokości kilkudziesięciu kilometrów i wysokościach od 300 do 500 m n.p.m. z kilkoma wyższymi pasmami. Najwyższym pasmem górskim jest Pasma Połonin zaczynające się grzbietem Durnej (979 m n.p.m.). Za przełomem Wołosatki pod Ustrzykami Górnymi znajduje się najwyższa i najpiękniejsza krajobrazowo grupa Tarnicy (1346 m n.p.m.) [10].

### **2.2. Zarys budowy geologicznej**

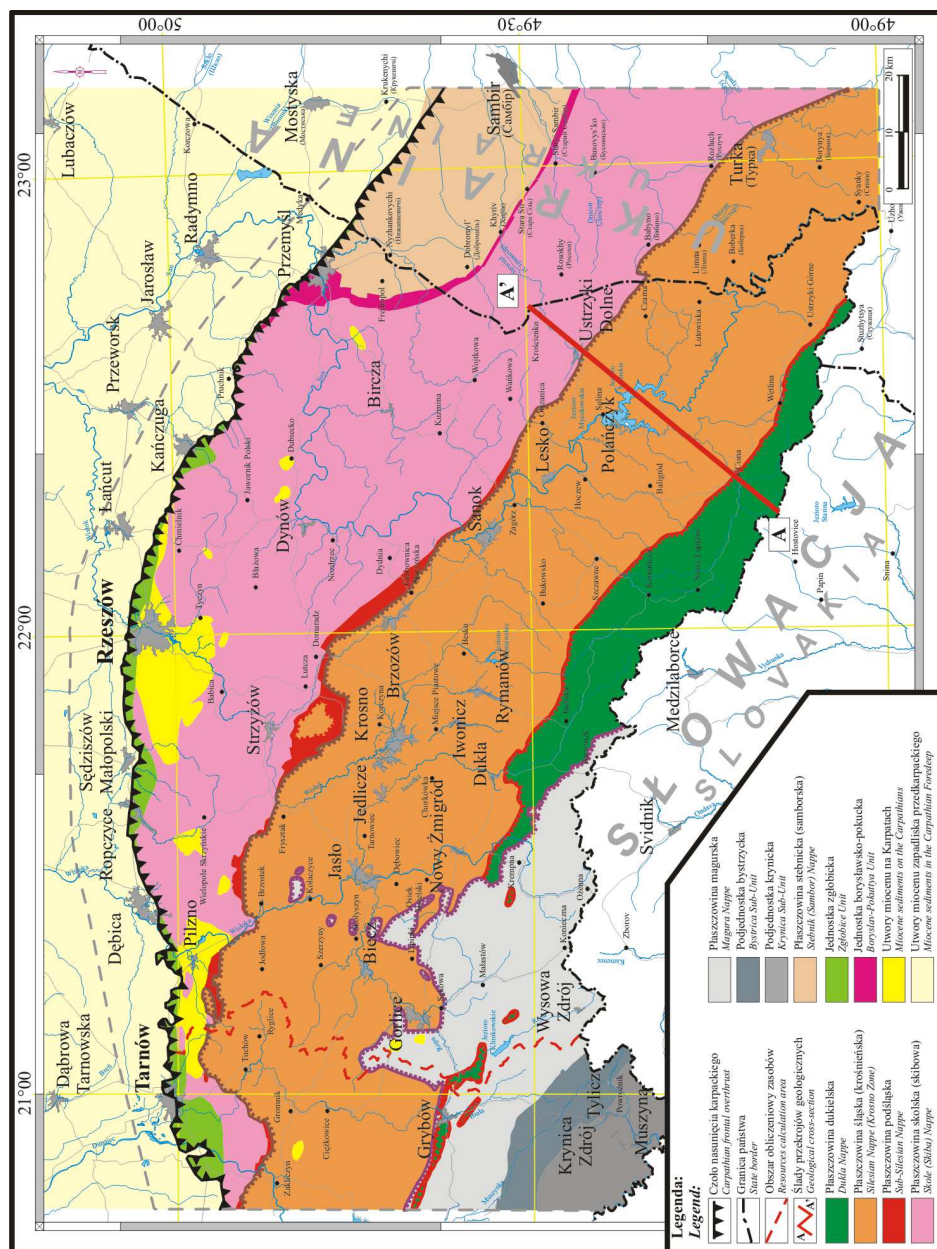
Karpaty polskie, na wschód od południka Gorlic, graniczą z Karpatami słowackimi - od południa, a od wschodu z Karpatami ukraińskimi. Obszar wschodniej części Karpat polskich obejmuje Karpaty zewnętrzne (eksternidy), w których obrębie odsłaniają się stratygraficznie ciągłe serie osadów ilastopiaszczystych, z niewielkim udziałem skał węglanowych i tufogenicznych [1] zwanych fliszem karpackim. Allochtoniczne, głębokomorskie sfałdowane utwory fliszowe nasunięte są na młodsze, mioceńskie serie osadowe wypełniające zapadlisko przedkarpackie.

Fałdowanie Karpat zewnętrznych, w tym Beskidów, miało miejsce w końcowej fazie ruchów górotwórczych orogenezy alpejskiej, fazy sawskiej, na przełomie paleogenu i neogenu, czyli około 23 mln lat temu. Z końcem burdy-

gału w wyniku kolizji między płytą europejską i teranami Alcapy i Tiszy-Dacii Karpaty zewnętrzne zostały sfałdowane i wypiętrzone. Równocześnie został zapoczątkowany proces nasuwania Karpat na północ, połączony z formowaniem się zapadliska przedkarpackiego. Sfałdowane masy skalne zostały odrwane od podłoża, pchnięte na północ i nasunięte w formie płaszczowin na osady powstałego przed czołem Karpat zapadliska. We wschodniej strefie polskich Karpat zewnętrznych wydziela się trzy grupy jednostek strukturalno-facjalnych: magurską, średnią i brzeżną, w obrębie których można wyróżnić odrębne płaszczowiny lub jednostki strukturalno-facjalne charakteryzujące się zróżnicowanym wykształceniem litostratygraficznym i tektonicznym. Na mapie geologiczno-strukturalnej od południa możemy wyróżnić płaszczowiny: magurską, dukielską, śląską, podśląską, skolską (tzw. grupa średnia) oraz: borysławsko-pokucką, stebnicką i zgłobicką (Rys.1). Utwory serii magurskiej rozwinięte są głównie w zachodniej części Karpat polskich.

Jednostki grupy brzeżnej Karpat wschodnich: borysławsko-pokucka, zgłobicka i stebnicka [4]; [11]; [12]; [13], rozwinięte są u czoła tektogenu, a ich zasięg i miąższość redukują się drastycznie na zachód od tzw. *sigmoidy przemyskiej* [13]. Głębokość zalegania spągu utworów fliszowych, oceniona na podstawie wykonanych wierceń oraz badań sejsmicznych, jest znaczna i przekracza miejscami 6500 m p.p.m..

Miąższość pokrywy fliszowej wzrasta w kierunku południowym w kierunku tzw. *centralnej depresji karpackiej*. Podłoże tektogenu karpackiego w rejonie wschodniej części Karpat polskich zostało rozpoznane licznymi wierceniami w obszarze przedgórze, a pod nasunięciem karpackim ograniczone do strefy czołowej Karpat, o maksymalnej szerokości ok. 20-23 km. Budują go różnowiekowe skały wieku proterozoicznego, paleozoicznego oraz mezozoicznego i kenozoicznego, które wchodzi w skład bloku małopolskiego. Najstarszymi, rozpoznanymi skałami w opisywanym rejonie są zdiagenezowane i słabo zmetamorfizowane fyllity, zaliczone do późnego neoproterozoiku (ediacar) – wczesnego kambru [31]; [5]; [27]. W rozpatrywanej strefie nie stwierdzono utworów permu. Na osadach karbonu lub starszych leżą utwory triasu ([20];[21];[22]; [23];[25]). W dolnej części rozwinięte są głównie jako osady klastyczne: zlepieńce, pstry piaskowce i iłowce reprezentujące pstry piaskowiec dolny i środkowy. Wyżej występują osady węglanowe należące do retu: wapienie, dolomity oraz margle z przewarstwieniami i gniazdami anhydrytów. Wapień muszlowy (trias środkowy) wykształcony jest głównie w postaci wapieni krystalicznych. Najwyższą część triasu budują utwory kajpru, w opisywanym obszarze obecność tych utworów odnotowano tylko w odwiercie Zagorzyce-6 [19].



Rys. 1. Mapa geologiczno-strukturalna wschodniej części Karpat polskich (na podst.: [36]; [8])

Fig. 1. Geological-structural map of the Polish Eastern Carpathians (based on: [36]; [8])

Wapień muszlowy (trias środkowy) wykształcony jest głównie w postaci wapieni krystalicznych. Najwyższą część triasu budują utwory kajpru, w opi-

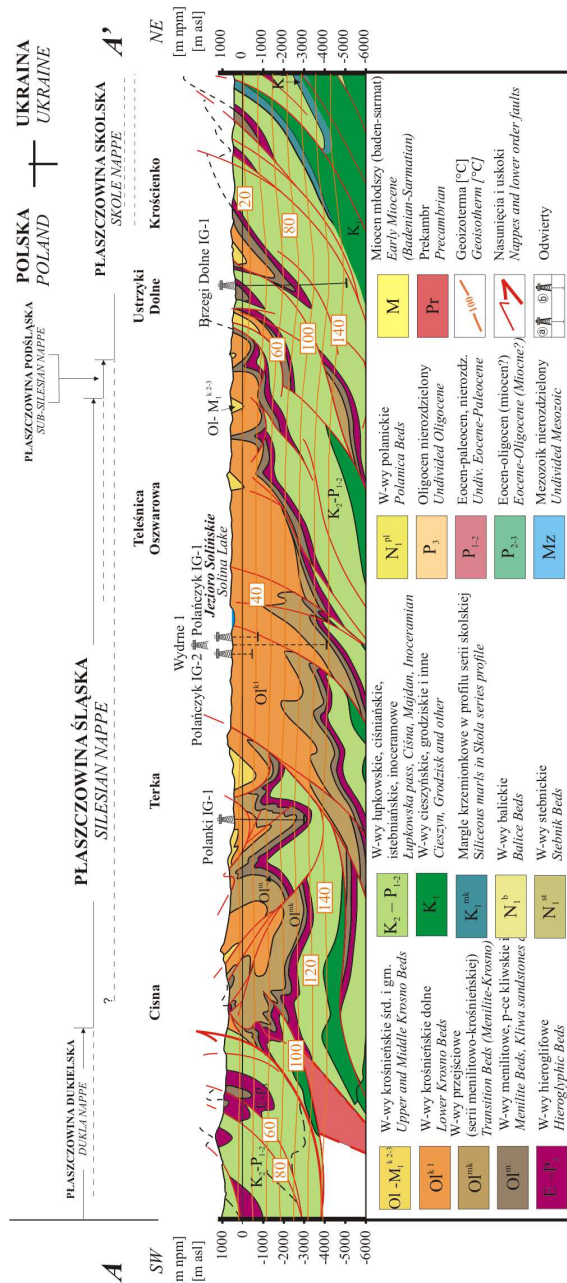
sywanym obszarze obecność tych utworów odnotowano tylko w odwiercie Zagorzycy-6 [19]. Utwory wczesnej jury, na skutek erozji, występują na bardzo ograniczonym obszarze.

Osady jurajskie reprezentowane są przez utwory jury środkowej (doggeru) - głównie piaskowce, piaskowce mułowcowe, mułowce i łupki oraz późnej jury (malmu) – utwory węglanową oksfordu, z możliwymi formami rafopodobnymi oraz wapienie i dolomity kimerydu. Całkowita miąższość utworów górnojurajskich osiąga ok. 1300 m. Kreda dolna (neokom) w obszarze polskich Karpat wschodnich występuje tylko fragmentarycznie w rejonach Dębicy i Ropczyc-Zagorzyc [9]; [26]; [34]. Są to utwory węglanowe organogeniczne i ciemne mułowce i iłowce.

Kreda górna w rejonie bloku małopolskiego reprezentowana jest przez utwory klastyczne cenomanu, są to głównie piaskowce i zlepieńce. Utwory cenomanu w rejonie polskich Karpat wschodnich mają ograniczony zasięg oraz miąższości. Wyżej tylko lokalnie występują silnie zerodowane utwory węglanowe turonu, santonu kampanu i mastrychtu. W rejonie pomiędzy Sędziszowem a Rzeszowem, w erozyjnych paleorynnach, występują osady lądowe [24] - zlepieńce, mułowce oraz iłowce, którym przypisuje się wiek paleogeński.

Najmłodsze osady występujące w podłożu utworów fliszowych to utwory molasowe miocenu tworzące tzw. zapadlisko wewnętrzne. Wiek najstarszych autochtonicznych utworów miocenu, w świetle aktualnego rozpoznania, datowany jest na *karpac* [28]. W podłożu Karpat wschodnich rozpoznane zostały dotychczas głównie morskie osady wieku środkowo-miocenowego, należące do formacji skawińskiej (baranowskiej), ewaporatów oraz formacji z Machowa. W rejonie wschodniej części Karpat polskich najdalej na południe, utwory miocenu autochtonicznego nawiercono w otworze Kuźmina-1. Utwory miocenu to głównie zlepieńce, iłowce, mułowce i piaskowce zasilone oraz utwory ewaporatowe: anhydryty, gipsy.

Wgłębną budowę geologiczną wzdłuż przekroju Cisna-Krościeno, z uwzględnieniem lokalizacji otworów Polańczyk IG-1 oraz IG-2 przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Przekrój geologiczny Cisna-Krościenko (A-A') w rejonie wschodniej części Karpat polskich (na podst.: [17])

Fig. 2. Geological cross-section Cisna-Krościenko (A-A') in the area of the Polish Eastern Carpathians (based on: [17])

### 3. Identyfikacja oraz charakterystyka potencjalnych zbiorników wód geotermalnych w rejonie polskich Karpat wschodnich

W rejonie wschodniej części polskich Karpat zbiorniki wód geotermalnych związane są głównie ze skałami klastycznymi – piaskowcami, występującymi w profilu geologicznym pokrywy fliszowej. W podłożu tektogenu występują zbiorniki hydrotermalne związane zarówno ze skałami klastycznymi, jak i węglanowymi: wapieniami i/lub dolomitami. Poniżej powierzchni nasunięcia Karpat fliszowych wody geotermalne mogą występować w zbiornikach hydrogeologicznych związanych z klastycznymi utworami: miocenu, cenomanu i kredy dolnej, jury środkowej, triasu dolnego (Tp1+Tp2), klastycznymi utworami karbonu oraz klastycznym utworami dewonu dolnego. Lokalnie, pod nasunięciem fliszowym, korzystnymi własnościami zbiornikowymi mogą charakteryzować się skały węglanowe: wapień kredy górnej (bez cenomanu), jury górnej, triasu środkowego (T2+Tp3) oraz wapień i dolomity dewonu górnego i karbonu dolnego, które tworzą jednolity poziom hydrogeologiczny. Dobre własności zbiornikowe utworów dewonu-karbonu węglanowego potwierdzono lokalnie w zachodniej części polskich Karpat zewnętrznych, w rejonie Ustronia i Bielska Białej [6].

Podstawowym litotypem skał zbiornikowych pokrywy fliszowej, występującym w rejonie polskich Karpat wschodnich są piaskowce reprezentujące niemal wszystkie poziomy stratygraficzne, począwszy od dolnej kredy, po oligocen włącznie [14]. Piaskowce fliszu charakteryzują się znacznym zróżnicowaniem litologicznym, co obserwuje się nawet w obrębie poszczególnych poziomów litostratygraficznych występujących w danej jednostce tektonicznej. Potencjalne poziomy zbiornikowe należy wiązać m.in. z utworami kredy dolnej, które stwierdzono w licznych otworach w obrębie płaszczowin: śląskiej, podśląskiej oraz skolskiej. W płaszczowinie skolskiej warstwy potencjalnie zbiornikowe dla wód geotermalnych reprezentowane są przez piaskowce występujące w obrębie serii ciemnych *tupków spaskich*, gdzie duży udział w utworzeniu ich własności zbiornikowych ma szczelinowatość.

W utworach kredy górnej (senon)-paleocenu, w obrębie płaszczowiny śląskiej, występuje kompleks skał zbiornikowych, tzw. *piaskowców istebniańskich*, które osiągają największe miąższości (niesfałdowane) w rejonie jasielsko-krośnieńskim (do 2000 m) [15]. Własności zbiornikowe *piaskowców istebniańskich* są na ogół dobre. Porowatości tych piaskowców sięgają 10-15%. W obrębie płaszczowin: magurskiej, dukielskiej i skolskiej utwory kredy górnej *facji inoceramowej*, charakteryzujące się zwykle niską porowatością mogą stanowić zbiornik dla wód geotermalnych w strefach spękań w obszarach brzeżnych nasunięć. W warstwach inoceramowych płaszczowiny skolskiej porowatości wynoszą 3-18% (Słonne, Babica, Brzegi Dolne), a w płaszczowinie magurskiej ok. 11% (Sękowa, Siary). Dobre własności zbiornikowe w płaszczowinie dukielskiej stwierdzono w *warstwach ciśnieńskich*. Druga, obok *piaskowców*

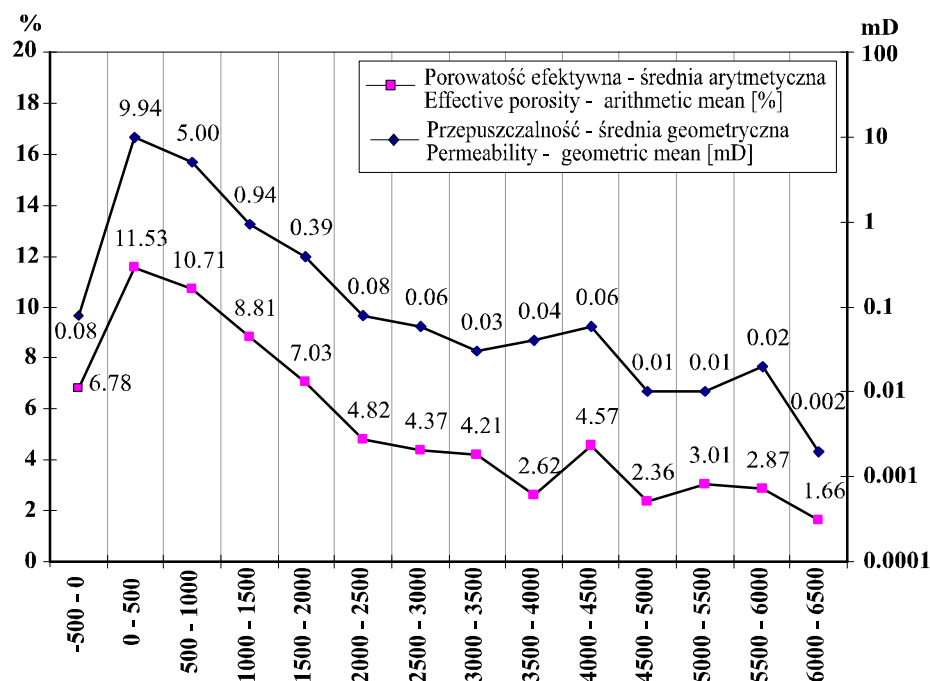


*istebniańskich*, potencjalna formacja zbiornikowa dla wód geotermalnych o zasięgu regionalnym to *piaskowce ciężkowickie* wieku eocen, które stanowią najlepszą skałę zbiornikową fliszu karpackiego. W skali regionalnej w obrębie formacji ciężkowickiej zaznacza się tendencja do redukcji miąższości poszczególnych poziomów w kierunku południowo-wschodnim. Największe sumaryczne miąższości piaskowców stwierdzono w rejonie gorlicko-krośnieńskim [2], [35]. Najbardziej korzystna sytuacja, z punktu widzenia poszukiwań wód geotermalnych w obrębie *zbiornika ciężkowickiego*, występuje w rejonie Gorlic, Krosna oraz Bóbrki-Iwonicza, gdzie *piaskowce ciężkowickie* posiadają wychodnie powierzchniowe, które mogą stanowić strefy zasilania zbiornika wodami opadowymi. Piaskowce te charakteryzują się korzystnymi własnościami zbiornikowymi, tj. porowatością rzędu 15-20% oraz przepuszczalnością od ok. 50 do 600 mD [18]; [14]; [16]. W obrębie płaszczowiny skolskiej skały zbiornikowe eocenu to głównie *piaskowce hieroglifowe* występujące wśród pstrych łupków. Piaskowce występują jednak w formie soczewek o niewielkim zasięgu, są przy tym cienkoławicowe i przewarstwione łupkami, stąd ich potencjał geotermalny należy uznać jako słaby. W płaszczowinie dukielskiej występuje poziom *piaskowców przybyszewskich* w obrębie piętra hieroglifowego. Własności zbiornikowe są zbliżone do *piaskowców ciężkowickich*, lecz ich występowanie jest lokalne (np. rejon Ropianki), co w zasadniczy sposób ogranicza możliwości zakwalifikowania tego poziomu zbiornikowego jako perspektywicznego w skali regionalnej do celów eksploatacji wód geotermalnych.

Nad poziomem stratygraficznym *margli globigerynowych*, we wszystkich jednostkach strukturalno-facjalnych grupy średniej, zalega pokrywa najmłodszych osadów fliszowych, wydzielana pod nazwą serii *menilitowo-krośnieńskiej*. Piaskowce na ogół charakteryzują się słabymi własnościami zbiornikowymi, chociaż w rejonie Polańczyka, na gł. 1000-1154 m p.p.t nawiercono wodonośny poziom tych piaskowców. Wody chlorkowe eksploatowane otworami Polańczyk IG-1 oraz Polańczyk IG-2 i wykorzystywane są do celów balneoterapeutycznych, w tym krenoterapii (picia). Ujęcia charakteryzują się relatywnie niskimi wydajnościami, a zasoby eksploatacyjne zostały określone odpowiednio na 0,5 oraz 0,3 m<sup>3</sup>/h (otw. Polańczyk IG-1, IG-2). W rejonie Gorlic, występują gruboławicowe *piaskowce magdaleńskie* [33], które mogą charakteryzować się korzystnymi własnościami zbiornikowymi. Jednakże przeprowadzone dotychczas badania nie potwierdziły potencjału geotermalnego w obrębie ww. warstw.

Analiza własności hydrogeologicznych utworów fliszowych wskazuje na znaczne zróżnicowanie parametrów petrofizyczno-pojemnościowych w obrębie tych samych interwałów głębokościowych. Zmniejszenie ilości oznaczeń parametrów petrofizycznych oraz hydrogeotermalnych w obrębie głębszych partii fliszu ogranicza możliwości interpretacyjne, w tym obiektywną ocenę i określenie prawidłowości związanych z występowaniem, genezą oraz odnawialnością zasobów wód geotermalnych. Wyniki badań laboratoryjnych wskazują, że war-

tości parametrów dla utworów fliszowych zawierają się w przedziale od 0,02 do 47,8% (średnia – 9%) w przypadku porowatości efektywnej oraz od 0,001 do 2998 mD (średnia – 1,4 mD) dla przepuszczalności, natomiast dla wydzielonych przedziałów rzędnych wartości średnie mieszczą się w zakresie od 1,7 do 11,5% i od 0,002 do 9,94 mD. Zmienność wartości przepuszczalności sięga nawet kilku rzędów wielkości w podobnym przedziale głębokościowym. Według podziału Pazdry i Kozerskiego [29] utwory fliszowe można zaliczyć do półprzepuszczalnych, a lokalnie do słabo lub średnio przepuszczalnych (maks. od 2553 do 2998 mD). Zakres zmian podstawowych parametrów zbiornikowych utworów fliszowych, przedstawiona jako średnia wartość tych parametrów w interwałach głębokościowych (co 500 m), w odniesieniu do poziomu morza, przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Rozkład uśrednionych wartości porowatości i przepuszczalności utworów pokrywy fliszowej w rejonie wschodniej części Karpat polskich, w interwałach głębokościowych, co 500 m, w odniesieniu do poziomu morza

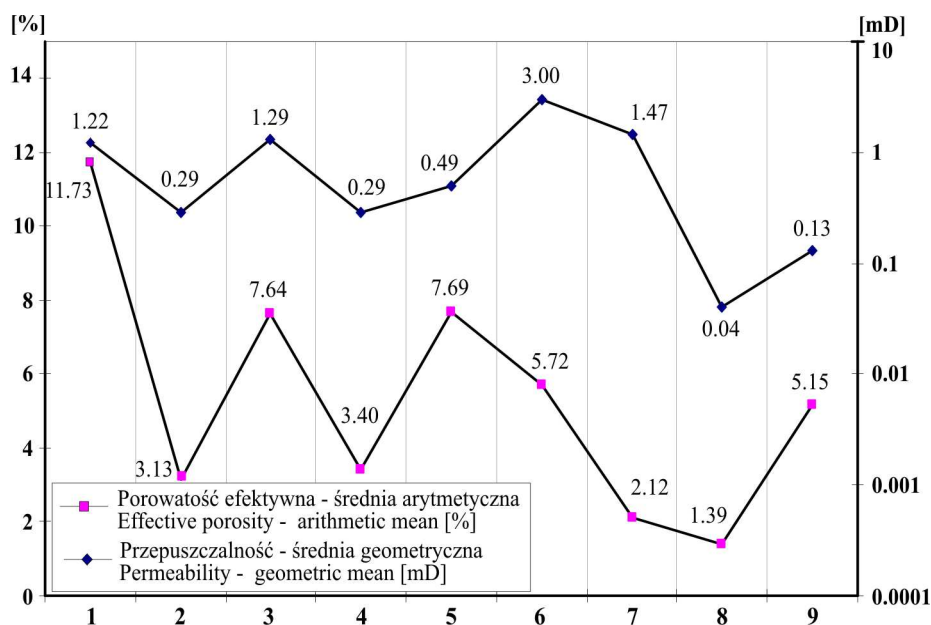
Fig. 3. Distribution of the average values of porosity and permeability of flysch cover sediments in the area of the Polish Eastern Carpathians, in the intervals of depth every 500 m to the sea level

Słabe własności hydrogeologiczne przekładają się na niskie wartości przewidywanych wydajności ujęć wód. Przy założeniu optymalnego ujęcia warstw wodonośnych, z większości wydzielonych interwałów oraz poziomów zbiornikowych nie należy spodziewać się osiągnięcia wydajności powyżej 10 m<sup>3</sup>/h

wód geotermalnych. Wody te mogą charakteryzować się zróżnicowaną temperaturą od 20 do ponad 150°C.

U czoła nasunięcia karpackiego oraz w podłożu utworów fliszowych wschodniej części Karpat polskich występują skały mioceneskie oraz mezozoiczne i paleozoiczne, których wykształcenie litologiczne wskazuje na możliwość występowania warstw wodonośnych dla wód geotermalnych. Pod nasunięciem Karpat fliszowych znajduje się zapadlisko wewnętrzne, gdzie rozpoznane zostały dotychczas głównie morskie osady wieku środkowo-mioceneskiego, które w znacznym stopniu zdominowane są przez osady ilaste i charakteryzują się niekorzystnymi własnościami zbiornikowymi. W przeważającej większości warstwy zbiornikowe zbiornika mioceneskiego charakteryzują się niską porowatością (do 5%) i niską przepuszczalnością (do 1 mD). Przy brzegu Karpat, w miejscach gdzie występują grubsze serie piaszczyste, porowatość wzrasta do 10-12%, a przepuszczalność – do ponad 10 mD. Według klasyfikacji Pazdry, Kozerskiego [29] skały te można uznać za półprzepuszczalne. Średnie wartości podstawowych parametrów zbiornikowych, określone na podstawie zgromadzonych archiwalnych badań laboratoryjnych (na rdzeniach) wynoszą: porowatość - 11,7%, a przepuszczalność ok. 1,2 mD (Rys.4). Ze względu na niezbyt korzystne właściwości zbiornikowe utworów miocenu w trefie nasunięcia karpackiego należy spodziewać się niskich wydajności ujęć wód, które na przeważającym obszarze rozpoznania zbiornika nie będą przekraczały 5 m<sup>3</sup>/h. W pojedynczych strefach, związanych głównie z lokalizacją złóż gazu oraz ropy naftowej, zauważalna jest poprawa własności zbiornikowych. Dotyczy to m.in. rejonów: Brzeźówki, Ropczyc, Husowa, Jodłówki oraz Przemyśla, gdzie potencjalne wydajności ujęć wód geotermalnych oszacowano na 5-10 m<sup>3</sup>/h. Wyjątkowo wyższych wydatków, do 20-30 m<sup>3</sup>/h, można spodziewać się na południowo-zachód od Rzeszowa, gdzie zlokalizowano złoża Nosówka i Kielanówka, a w szczególności w rejonie Błędowej Zgłobieńskiej, gdzie można oczekiwać wydajności ujęć ok. 30 m<sup>3</sup>/h. Przeprowadzone analizy wskazują, że spośród powyższych utworów, lokalnie osady miocenu charakteryzują się korzystnymi własnościami zbiornikowymi, ze średnią porowatością efektywną wynoszącą 11,7% i przepuszczalnością 1,2 mD (Rys.4). Niestety ze względu na małą ilość oznaczeń parametrów petrofizycznych, określenie średnich wartości porowatości i przepuszczalności skał zbiornika triasu środkowego nie było możliwe.

W przypadku pozostałych wydzieleni stratygraficznych, średnia porowatość efektywna utworów wynosi na ogół kilka procent, a przepuszczalność nie przekracza 1 mD. Zgodnie z klasyfikacją Pazdry i Kozerskiego (1990) można je zaliczyć do skał nieprzepuszczalnych bądź słabo przepuszczalnych.



Rys. 4. Rozkład uśrednionych wartości porowatości i przepuszczalności utworów miocenu oraz utworów mezozoiczno-paleozoicznego podłoża w rejonie wschodniej części Karpat polskich.

1- miocen, 2- kreda górna bez cenomanu, 3- cenoman-kreda dolna, 4- jura górna, 5- jura środkowa, 6- trias dolny, 7- karbon klastyczny, 8- karbon i dewon węglanowy, 9- dewon dolny

Fig. 4. Distribution of the average values of porosity and permeability of Miocene sediments and Mesozoic-Paleozoic basement in the area of the Polish Eastern Carpathians.

1- Miocene, 2- Upper Cretaceous without Cenomanian, 3- Cenomanian-Lower Cretaceous, 4- Upper Jurassic, 5- Middle Jurassic, 6- Lower Triassic, 7- Carboniferous (clastic), 8- Carboniferous and Devonian (carbonate), 9- Lower Devonian

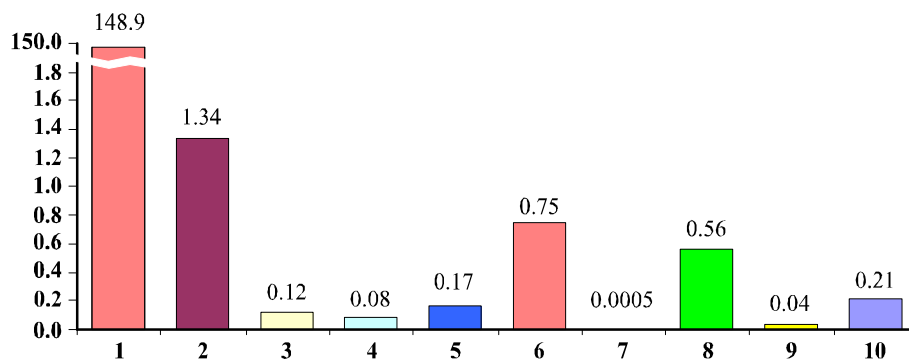
Utworki zaliczone do średnio przepuszczalnych występują w obrębie miocenu, gdzie maksymalne wartości przepuszczalności sięgają 3102 mD. Skały o wyższej przepuszczalności występują sporadycznie w utworach kredy dolnej (max. 605 mD), jur górnej (max. 474 mD) oraz triasu dolnego (max. 901 mD). Wody stwierdzone w utworach młodszego paleozoiku należą do silnie zmineralizowanych solanek chlorkowo-sodowo-wapiennych. Mineralizacja ogólna wód jest wysoka, od ok. 120-150 g/dm<sup>3</sup> – w rejonie Gromnika i Zakliczyna, do 210-240 g/dm<sup>3</sup> – między Tarnowem i Pilzmem oraz w rejonie Rzeszowa.

#### 4. Zasoby energii geotermalnej w rejonie polskich Karpat wschodnich

Dotychczasowe rozpoznanie warunków geotermalnych oraz zasobów energii cieplnej zakumulowanych w wodach podziemnych w rejonie Karpat wschodnich ma charakter punktowy, a informacje dotyczą zwykle możliwości

wykorzystania wód geotermalnych dla wskazanej lokalizacji. Wielkości zasobów energii geotermalnej oszacowano zgodnie z podziałem zastosowanym przez McKelvey'a, gdzie wydziela się zasoby: dostępne, statyczne, statyczne-wydobywalne, dyspozycyjne oraz eksploatacyjne. Ocenie zasobów energii geotermalnej poddano dwanaście potencjalnych zbiorników wód wstępnych zlokalizowanych w rejonie polskich Karpat wschodnich. Są to zbiorniki: fliszowe (skolski, śląski, dukielski), mioceński, górnokredowy (bez cenomanu), cenomanu-kredy dolnej, górnourajski, środkourajski, triasu środkowego (ret – wapień muszlowy), dolnotriasowy (dolny i środkowy pstry piaskowiec), karboński (karbon klastyczny), dewońsko-karboński (zbiornik węglanowy).

Oszacowania zasobów geotermalnych wskazują na szczególnie niski potencjał geotermalny polskich Karpat wschodnich. Zasoby dostępne energii geotermalnej zostały oszacowane na  $2,95 \cdot 10^{21} \text{J}$  (ok. 3,8% zasobów Niżu Polskiego), statyczne na  $6,37 \cdot 10^{20} \text{J}$  (ok. 4,4%), a statyczne-wydobywalne na  $1,52 \cdot 10^{20} \text{J}$  (5,2%) [7]. Rysunek 5 przedstawia wielkości zasobów statycznych-wydobywalnych energii zakumulowanych w skałach i wodach wydzielonych zbiorników geotermalnych. Regionalna analiza parametrów hydrogeologicznych, uzupełniona wskaźnikowa analizą ekonomiczną, wskazuje na brak zasobów dyspozycyjnych i bardzo ograniczone możliwości ekonomicznego wykorzystania wód geotermalnych do celów grzewczych w badanym rejonie. Wydajności ujęć i temperatury wód, wskazują na możliwości budowy niewielkich instalacji ciepłowniczych o mocach od kilkuset kW, do maksymalnie 5 MWt.



Rys. 5. Zasoby statyczne-wydobywalne energii geotermalnej zakumulowane w poszczególnych zbiornikach wód geotermalnych w Karpatach wschodnich.

1- flisz (łącznie), 2- miocen, 3- kreda górna bez cenomanu, 4- cenoman-kreda dolna, 5- jura górna, 6- jura środkowa, 7- trias środkowy, 8- trias dolny 9- karbon klastyczny, 10- karbon i dewon węglanowy

Fig. 5. Static-recoverable resources of energy accumulated in selected geothermal reservoirs in the Eastern Carpathians.

1- Flysch (together), 2- Miocene, 3- Upper Cretaceous without Cenomanian, 4- Cenomanian-Lower Cretaceous, 5- Upper Jurassic, 6- Middle Jurassic, 7- MiddleTriassic, 8- Lower Triassic, 9- Carboniferous (clastic), 10- Carboniferous and Devonian (carbonate)

## 5. Obszary perspektywiczne dla wykorzystania wód geotermalnych w rejonie polskich Karpat wschodnich

Analiza warunków hydrogeologicznych występowania wód wgłębnych oraz charakterystyka podstawowych parametrów zbiornikowych utworów fliszowych oraz potencjalnych poziomów zbiornikowych miocenu i mezozoiczno-paleozoicznego podłoża Karpat wschodnich wskazuje na relatywnie słabe własności hydrogeologiczne utworów budujących profil geologiczny do gł. 4000 m p.p.m. Przekłada się to na niskie wartości przewidywanych wydajności ujęć wód. Przy założeniu optymalnego ujęcia warstw wodonośnych z większości wydzielonych interwałów oraz poziomów zbiornikowych nie należy spodziewać się osiągnięcia wydajności powyżej 10 m<sup>3</sup>/h wód geotermalnych. Wody te mogą charakteryzować się zróżnicowaną temperaturą od 20 do ponad 150°C. Nieco bardziej korzystne parametry hydrogeologiczne związane są z kilkoma interwałami głębokościowymi występującymi w obrębie utworów fliszowych płaszczowiny skolskiej i ślaskiej oraz w utworach miocenu, środkowej jury i w utworach dewonu-karbonu węglanowego. W rejonach o nieco lepszych parametrach hydrogeologicznych można ewentualnie rozważyć możliwości wykorzystania ciepła wód geotermalnych do zastosowań grzewczych, przy wspomaganiu przez inne źródła ciepła, np.: pompa ciepła, kocioł na biomasę itp. Obszarem perspektywicznym, dobrze rozpoznany i udokumentowanym do wykorzystania zasobów wód termalnych kwasowęglowych w balneoterapii jest rejon Lubatówki. Wody termalne eksploatowane są dwoma odwiertami Lubatówka 12 i Lubatówka 14 i są one wykorzystywane jedynie częściowo. W obrębie utworów fliszowych można wydzielić kilka obszarów gdzie nieco lepsze parametry zbiornikowe występują w obrębie różnych interwałów głębokościowych, są to np. rejony: Rzeszów-Tyczyn-Chmielnik (gł. 500-1000 m ppm, 10-12 m<sup>3</sup>/h, temp. wód 30-31°C, mineralizacja 40-60g/dm<sup>3</sup>), Krościenko-Wojtkowa (gł. 500-1000 m ppm, ok. 12 m<sup>3</sup>/h, temp. wód 30-34°C, mineralizacja 40-50g/dm<sup>3</sup>), rejon Brzozowa (gł. 2000-2500 m ppm, 10-13 m<sup>3</sup>/h, temp. wód 80°C, mineralizacja 40-60g/dm<sup>3</sup>), Zagorzyce-Babica-Strzyżów-Domaradz (gł. 2500-3000 m ppm, 10-13 m<sup>3</sup>/h, temp. wód ok. 80-95°C, mineralizacja wód ok. 30-60 g/dm<sup>3</sup>), Dubiecko (gł. 2500-3000 m ppm, 15 m<sup>3</sup>/h, temp. ok. 80°C, mineralizacja wód ok. 40-60 g/dm<sup>3</sup>), rejon Dynowa (gł. 3000-3500 m ppm, 8 m<sup>3</sup>/h, po intensyfikacji 12 m<sup>3</sup>/h, temperatura wód ok. 95-100°C, mineralizacja wód ok. 43 g/dm<sup>3</sup>), NE od Krosna (gł. 3000-3500 m ppm, 24 m<sup>3</sup>/h, temperatura wód pow. 110°C, mineralizacja wód ok. 40-60 g/dm<sup>3</sup>), na E od Błazowej (gł. 3500-4000 m ppm, potencjalne wydajności ujęć ok. 10-12 m<sup>3</sup>/h, temperatura wód ok. 110-115°C, mineralizacja wód ok. 40-50 g/dm<sup>3</sup>), na E od Frysztaka (gł. 3500-4000 m ppm, wydajności ujęć do ok. 24 m<sup>3</sup>/h, temperatura wód ok. 110-120°C, a mineralizacja wód ok. 40-50 g/dm<sup>3</sup>), rejon Jedlicz (gł. 2500-3000 m ppm, potencjalne wydajności ujęć do 20 m<sup>3</sup>/h, temperatura wód ok. 90°C, mineralizacja wód ok. 20-30 g/dm<sup>3</sup>), Gorlice (gł. 3500-4000, wydajności ujęć ok. 10

$\text{m}^3/\text{h}$ , temperatura wód ok.  $120\text{-}130^\circ\text{C}$ , mineralizacja wód poniżej  $30 \text{ g}/\text{dm}^3$ ), rejon Szczawnego (potencjalne wydajności ujęć do ok.  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ , temperatura wód ok.  $130^\circ\text{C}$ , mineralizacja wód ok.  $20 \text{ g}/\text{dm}^3$ ). W obrębie utworów miocenu najbardziej perspektywicznie prezentuje się rejon Błędowej Zgłobieńskiej, na SW od Rzeszowa. W powyższej lokalizacji należy spodziewać się potencjalnych wydajności ujęć ok.  $32 \text{ m}^3/\text{h}$ , o temperaturze wód ok.  $72^\circ\text{C}$  i mineralizacji ok.  $54 \text{ g}/\text{dm}^3$ .

Z pozostałych zbiorników niewielki potencjał wód geotermalnych związany jest ze szczelinowymi zbiornikami jury środkowej oraz karbonu-dewonu. Analizy wykazały, że w rejonie Tarnowa oraz Sędziszowa Małopolskiego można spodziewać się wydajności ujęć ok.  $16\text{-}20 \text{ m}^3/\text{h}$ . Przewidywane temperatury wód będą wnosiły ok.  $70\text{-}80^\circ\text{C}$ . Wody te będą charakteryzowały się znaczną mineralizacją, powyżej 120, a nawet, w przypadku zbiornika karbonu-dewonu -  $200 \text{ g}/\text{dm}^3$ .

Zasadniczy problem przy projektowaniu ujęć wód termalnych w rejonie karpackim może być związany z wydajnością ujęć. Jak wskazują dotychczasowe badania, zbiorniki wód w obrębie utworów fliszowych mają charakter zamknięty i nie posiadają dostatecznego zasilania wodami meteorycznymi. Dotychczasowe badania wskazują, że wody podziemne są mieszaną wód dehydracyjnych, reliktowych wód morskich zmienionych diagenetycznie w różnym stopniu oraz podrzędnie wód meteorycznych, t.j. wód infiltracyjnych współczesnego cyklu hydrologicznego i/lub paleoinfiltracyjnych [30]. Na obszarze Karpat wschodnich występują również cenne wody mineralne i lecznicze. Są to szczawy i wody kwasowęglowe, wody siarczkowe wyprowadzane licznymi źródłami, oraz wody chlorkowe (solanki) często termalne, udokumentowane licznymi wierceniami poszukiwawczymi i nie są obecnie wykorzystywane. Wody o podwyższonych temperaturach, głównie typu Cl-Na+I, kwalifikujące się do potencjalnego wykorzystania występują powszechnie w obrębie całych Karpat wschodnich. Składnikiem swoistym występującym powszechnie w wodach chlorkowych Karpat wschodnich jest jod (I-). Szczawy i wody kwasowęglowe na analizowanym obszarze występują w rejonie miejscowości uzdrowskich: Wysowa, Iwonicz i Rymanów. Wody typu szczawy i wody kwasowęglowe występują również w Rabem koło Baligrodu, gdzie nie są wykorzystywane. Wody siarczkowe na obszarze Karpat wschodnich wykorzystywane są w balneoterapii jedynie w uzdrowisku Wapienne, gdzie istnieje możliwość zwiększenia bazy leczniczej. Wody siarczkowe udokumentowano w miejscowościach: Nieborów, Folsz, Lesko, Czarna, Lubenia, Szklary.

Bogactwo wód mineralnych i leczniczych w rejonie polskich Karpat wschodnich daje szerokie możliwości rozwoju regionu karpackiego, na drodze inwestycji w rozbudowę bazy leczniczej i sanatoryjnej.

## Literatura

- [1] Bieda F. Geroch S., Koszarski L., Książkiewicz M., Żytka K., 1963: *tratigraphie des Karpates externes Polonaise*. Biuletyn Instytutu Geologicznego, 181: 5-174.
- [2] Bromowicz J., Górniak K., Przysaś G., Rembiś M., 2001: Wyniki badań petrograficznych typowych litofacji zbiornikowych fliszu karpackiego. [W:] Kuśmierek et al. (red.): *Charakterystyka parametrów petrofizycznych fliszowych serii ropogazonośnych Karpat polskich*. Polish Journal of Mineral Resources, 4: 31-75.
- [3] Chowaniec J., Poprawa D., Witek K., 2001: Występowanie wód termalnych w polskiej części Karpat. [W:] *Rola energii geotermalnej w zrównoważonym rozwoju regionów*, IV Seminarium Bukowina Tatrzańska, 8-10 Października 2001, Wyd. IGSMiE PAN. Kraków. 89-114.
- [4] Gluško V. V., 1968: *Tektonika i neftegazonosnost' Karpat i prilegajűschih progibov*. Nedra, Moskwa, 1-263.
- [5] Głowacki E., Karnkowski P., Źak C., 1963: *Prekambr i kambr w podłożu przedgórza Karpat őrdkowych i w Górach Świętokrzyskich*. Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego, 33, 3: 321-338.
- [6] Górecki W. (red.), 2011: *Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat zachodnich*. Wyd. AGH KSE, Kraków.
- [7] Hajto M., 2013: *Ocena zasobów wód i energii geotermalnej w Karpatach wschodnich* [W:] *Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat zachodnich*. Wyd. AGH KSE, Kraków 499-595.
- [8] Jankowski L., Kopciowski R., Ryłko W., 2004: *Geological Map of the Outer Carpatians: Borderlands of Poland, Ukraine and Slovakia 1:200 000*. Wydawnictwo PIG, Warszawa.
- [9] Kijakowa S., Moryc W., 1991: *Nowe stanowisko z epikontynentalnymi utworami kredy dolnej w rejonie Dębicy*. Kwartalnik Geologiczny, 35, 4: 421- 436.
- [10] Kondracki J., 2009: *Geografia regionalna Polski*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- [11] Książkiewicz M., 1972: *Budowa geologiczna Polski. IV – Tektonika, 3-Karpaty*. Wyd. Geol. Warszawa, 228: 1-228.
- [12] Kuśmierek J., 1984: *Uzasadnienie perspektyw ropo- i gazonośności formacji fliszowej we wschodniej części polskich Karpat i propozycje udokumentowania zasobów*. [W:] *Ocena prognoz i efektywności poszukiwań ropy i gazu ziemnego w Polsce*. Materiały Konferencji Komitetu Gospodarki Surowcami Mineralnymi, PAN. Wydawnictwa AGH, Kraków, 27-49.
- [13] Kuśmierek J., 1990 – *Zarys geodynamiki centralnokarpackiego basenu naftowego*. Polska. Prace Geol. Kom. Nauk Geol. PAN. Oddz. w Krakowie, 1-135.
- [14] Kuśmierek J. (red.) et. al., 2001a: *Charakterystyka parametrów petrofizycznych fliszowych serii ropogazonośnych Karpat Polskich*. Polish Journal of Mineral Resources. Kraków. Towarzystwo Geosynoptyków „GEOS”.
- [15] Kuśmierek J. et al., 1991-94: *Bilans zasobów węglowodorów basenu centralnokarpackiego*. Projekt badawczy nr 9 0427 91 01, finansowany przez KBN, Warszawa, 1-105.
- [16] Kuśmierek J., Semyrka R., 2003: *Zmienność cech zbiornikowych przestrzeni porowoszczelinowej piaskowców karpackich i ich kwalifikacja naftowa*. Przegląd Geologiczny, 51(9): 732-743.



- [17] Kuśmierek J., Baran U., Golonka J., 2013: Charakterystyka tektoniczna i geologiczna wschodniej części Karpat polskich oraz strefy transgranicznej z Ukrainą. [W:] Górecki (red.) - Atlas geotermalny Karpat wschodnich. Wyd. AGH KSE, Kraków.
- [18] Lenk T., 1980: Charakterystyka facjalno-strukturalna serii zbiornikowych fliszu karpackiego w aspekcie poszukiwań naftowych. Prace IGNiG, Kraków.
- [19] Maksym A., Liszka B., Petrosiak M., 1998: Analiza geologiczno – geofizyczna utworów autochtonicznych miocenu i jego podłoża w rejonie Sędziszów – Rzeszów – Zalesie. Etap I. Podłoże trzeciorzędu. Arch. Biura Geologicznego Geonafta, Jasło.
- [20] Moryc W., 1971a: Katalog wierceń górnictwa naftowego w Polsce. Synklinorium Miechowskie, Wyd. Geol. Warszawa. 223-322.
- [21] Moryc W., 1971b: Trias Przedgórze Karpat środkowych. Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego, 41, 3: 419-484.
- [22] Moryc W., 1971c: Trias przedgórze Karpat Środkowych. Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego, 41, 3: 419-486.
- [23] Moryc W., 1992: Budowa geologiczna utworów podłoża miocenu w rejonie Sędziszów Młp. – Rzeszów i ich perspektywiczność. Nafta-Gaz, 9-10: 205-223.
- [24] Moryc W., 1995: Lądowe utwory paleogenu na obszarze przedgórze Karpat. Nafta-Gaz, 5: 181-195.
- [25] Moryc W., 1996: Budowa geologiczna podłoża miocenu w rejonie Pilzno – Dębica – Sędziszów Małopolski. Nafta-Gaz, 12: 521-550.
- [26] Moryc W., 1997: The Lower Cretaceous in the pre – Miocene substratum of the southern part of the Carpathian Foredeep in Poland. Annal. Societ. Geol. Polon. 67: 287-296.
- [27] Moryc W., Łydka K., 2000: Sedimentation and tectonics of the Upper Proterozoic-Lower Cambrian deposits of the southern Małopolska Massif (SE Poland). Kwartalnik Geologiczny, 44, 1: 47-58.
- [28] Oszczypko N., 2006: Powstanie i rozwój polskiej części zapadliska przedkarpackiego. Przegląd Geologiczny, 54, 5: 396-403.
- [29] Pazdro Z., Kozerski B., 1990: Hydrogeologia ogólna. Wydanie IV, uzupełnione. Wyd. Geol., Warszawa: 1-624.
- [30] Porowski A., 2006: Origin of mineralized waters in the Central Carpathians Synclinorium, SE Poland. Studia Geol. Pol. Hydrogeology and Hydrogeochemistry, 125: 1-67.
- [31] Samsonowicz J., 1955: O górnym prekambrze (ryfeju) w Polsce. Przegląd Geologiczny, 3, 12: 588-589.
- [32] Świdzki B., 1952: Z zagadnień tektoniki Karpat północnych. Prace Instytutu Geologicznego, Warszawa. 8.
- [33] Świdziński H., 1947: Słownik stratygraficzny północnych Karpat fliszowych. Biuletyn PIG, 37, Warszawa.
- [34] Urbaniec A., Bobrek L., Świetlik B., 2010: Litostratygrafia i charakterystyka mikropaleontologiczna utworów kredy dolnej w środkowej części przedgórze Karpat. Przegląd Geologiczny, 58, 12: 1161-1175.
- [35] Żytka K. (red.), 1973: Przewodnik geologiczny „Po wschodnich Karpatach fliszowych”. Wyd. Geol. Warszawa. 1-222.
- [36] Żytka K., Gucik S., Oszczypko N., Zając R., Garlicka I., Nemčok J., Eliaš M., Menčík E., Dvorak J., Stranik Z., Rakuš M., Matejovska O., 1989: Geological Map of the

Western Outer Carpathians and their foreland without Quaternary formations, [In:] Poprawa D., Nemčok J., (eds.) Geological Atlas of the Western Carpathians and their Foreland. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, Poland.

## **GEOHERMAL RESOURCES AND POSSIBILITIES OF USE OF GEOHERMAL WATERS I THE AREA OF ŚRODKOWOBESKIDZKE FOOTHILLS, MIDDLE BESKIDY AND BESKID LESISTY**

### **S u m m a r y**

The article presents the results of estimation of geothermal energy resources in flysch formations, and the Miocene, Mesozoic and Paleozoic basement of the flysch in the area of the Polish Eastern Carpathians from the meridian of Gorlice to the Bieszczady Mts. This area covers approximately 9830 km<sup>2</sup>, which is ca. 3.2% of the Polish territory. The paper also shows the location of the prospective zones, possibilities and directions of optimal use of geothermal waters for heating purposes and/or balneotherapy in this area. The study represents the result of profound analyzes, carried out within the framework of the statutory work of the Department of Fossil Fuels, AGH-UST, supplied in the project entitled "Geothermal Atlas of the Eastern Carpathians", issued by AGH-UST, on behalf of the Ministry of Science and Higher Education in the years 2010-2013. The calculations were carried out according to the McKelvey's geothermal energy resources classification. The estimates of energy accumulated in individual geothermal aquifers and the results of calculations are referred to the size of geothermal energy resources accumulated in other geothermal provinces of Poland. The relatively low geothermal potential was found as well in the flysch cover as in the geothermal aquifers of the Mesozoic-Paleozoic basement. The analyzes show that the Miocene aquifers covered with flysch sediments are locally characterized by favourable reservoir properties. The most interesting aquifers, from the point of view of possibility of using geothermal water for heating purposes, are present in the area of Błędowa Zgłobieńska, about 15 km west of Rzeszów. According to the estimates, it is possible to set up a small power plant which will use thermal water with intakes at approximately 30 m<sup>3</sup>/h, with a temperature of about 72°C and TDS of ca. 54 g/dm<sup>3</sup>.

**Keywords:** geothermal energy, geothermal resources, Eastern Carpathians, Beskydy Mts.

*"Artykuł przygotowano w ramach prac statutowych Katedry Surowców Energetycznych AGH nr 11.11.140.321"*

DOI:10.7862/rb.2014.89

*Przesłano do redakcji: 06.11.2014 r.*

*Przyjęto do druku: 18.12.2014 r.*