Projekt zintegrowany LIFE EKOMALOPOLSKA „Wdrażanie Regionalnego Planu Działań dla Klimatu i Energii dla województwa małopolskiego" (LIFE-IP EKOMALOPOLSKA / LIFE19 IPC/PL/000005) dofinansowany z programu LIFE Unii Europejskiej i Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

RAPORT

Temat zadania: **Ocena potencjału OZE w województwie małopolskim**

KIEROWNIK PROJEKTU - Dr hab. inż. Ewa Adamiec, prof. AGH
KIEROWNIK ZESPOŁU BADAWCZEGO - Dr hab. inż. Anna Sowiżdżał, prof. AGH
Prof. dr hab. inż. Barbara Tomaszewska
Dr hab. inż. Leszek Pająk, prof. AGH
Dr inż. Elżbieta jarosz-Krzemińska
Dr inż. Michał Kaczmarczyk
Mgr inż. Katarzyna Brawiak
Mgr inż. Anna Chmielowska
Mgr inż. Marek Hajto
Mgr inż. Elżbieta Hałaj
Mgr inż. Grzegorz Pełka

Dokument powstał jako realizacja działania C3 projektu LIFE-IP EKOMALOPOLSKA „Wdrażanie Regionalnego Planu Działań dla Klimatu i Energii dla województwa małopolskiego" (LIFE-IP EKOMALOPOLSKA / LIFE19 IPC/PL/000005) dofinansowanego ze środków programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Podsumowanie przedstawia wyłącznie poglądy autorów, a Komisja Europejska nie ponosi odpowiedzialności za żadne ewentualne wykorzystanie zawartych w nim informacji.

Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska

Kraków, grudzień 2022

Spis treści

1. Ogólna charakterystyka województwa małopolskiego 3

2. Energetyka wiatrowa 5

2.1 Potencjał zasobowy energii wiatru 5

2.2 Ograniczenia lokalizacyjne 18

2.3 Ocena potencjału energii wiatru w województwie małopolskim 24

3. Energetyka wodna 27

3.1 Metody szacowania zasobów energii wód powierzchniowych 28

3.2 Uwarunkowania hydrotechniczne i środowiskowe małopolski 29

4. Energetyka słoneczna 33

4.1 Instalacje fotowoltaiczne 33

4.2 Instalacje kolektorów słonecznych 64

5. Energetyka geotermalna 67

5.1 Rozpoznanie wiertnicze województwa małopolskiego 68

5.2 Wody termalne Małopolski 71

5.2.1 Wody termalne Podhala 75

5.2.2 Perspektywiczne zbiorniki wód termalnych Karpat fliszowych i ich permo-mezozoicznego podłoża 77

5.2.3 Zewnętrzne Karpaty fliszowe 78

5.2.4 Obszar zapadliska przedkarpackiego 81

5.2.5 Obszar niecki miechowskiej 86

5.2.6 Obszar zapadliska górnośląskiego i monokliny śląsko-krakowskiej 87

5.3 Metodyka oceny potencjału geotermicznego dla ciepłownictwa 88

5.4 Obszary perspektywiczne dla wykorzystani wód termalnych w powiatach województwa małopolskiego 89

5.5 Podsumowanie 112

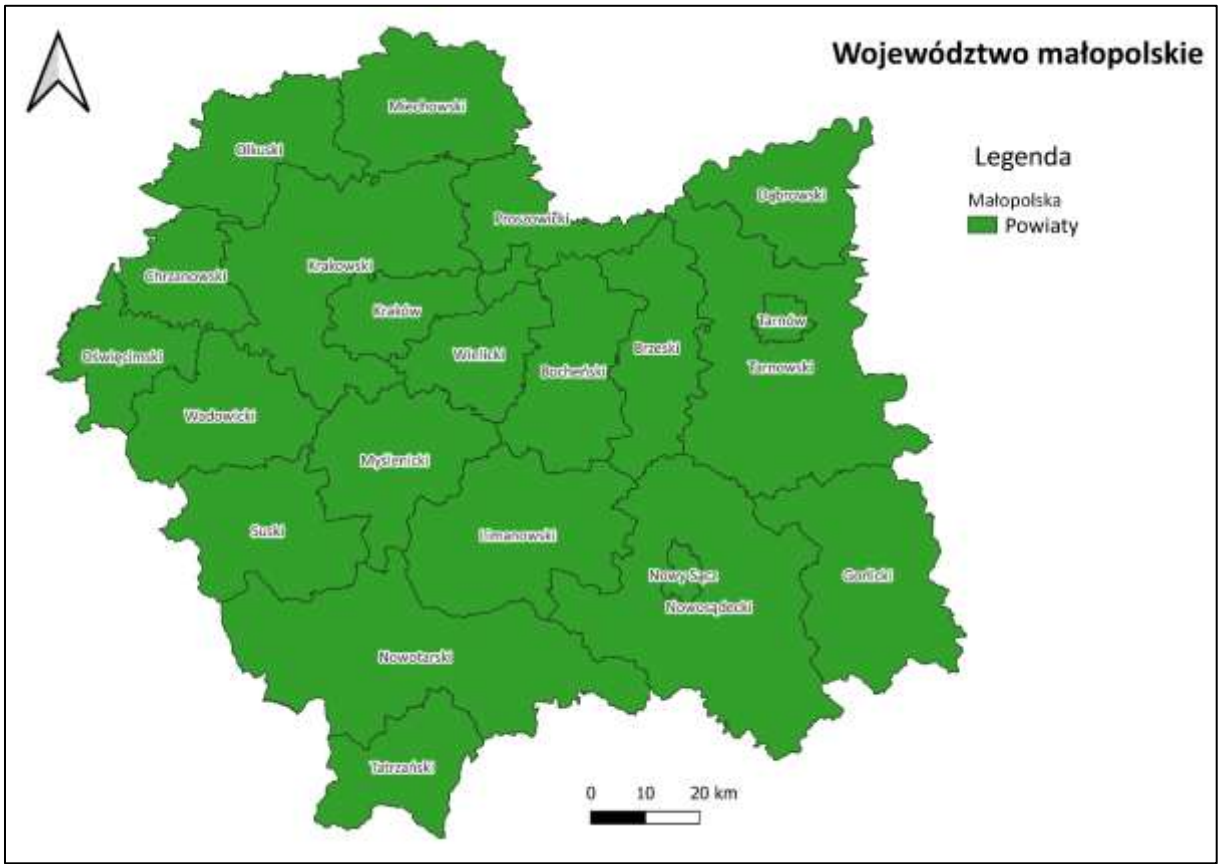
6. Energia biomasy 116
6.1 Zasoby biomasy na cele biopaliw stałych i biogazu 116
6.2 Biomasa stała 117
6.2.1 Biomasa drzewna 117
6.2.2 Zasoby biomasy agro 120
6.2.3 Uprawy wieloletnich roślin energetycznych 128
6.3 Biogaz 131
6.3.1 Biogaz rolniczy 131
6.3.2 Biogaz oczyszczalniany 135
6.3.3 Biogaz z odpadów organicznych 139
6.4 Zużycie energii w Małopolsce 142
6.5 Możliwość substytucji konwencjonalnych nośników energii energią biomasy 143
7. Pompy ciepła 144
8. Wody kopalniane 152
9. Ciepło odpadowe 154
9.1 Zagospodarowanie ciepła odpadowego na przykładzie basenu publicznego 154
9.2 Potencjał wykorzystania ciepła odpadowego z komory lakierniczej 160
9.3 Potencjał wykorzystania ciepła odpadowego w pracowni cukierniczej 163
9.4 Przykłady wykorzystania ciepła odpadowego w przemyśle mleczarskim 164
9.5 Podsumowanie 165
10. Podsumowanie 166
Bibliografia 173

1. Ogólna charakterystyka województwa małopolskiego

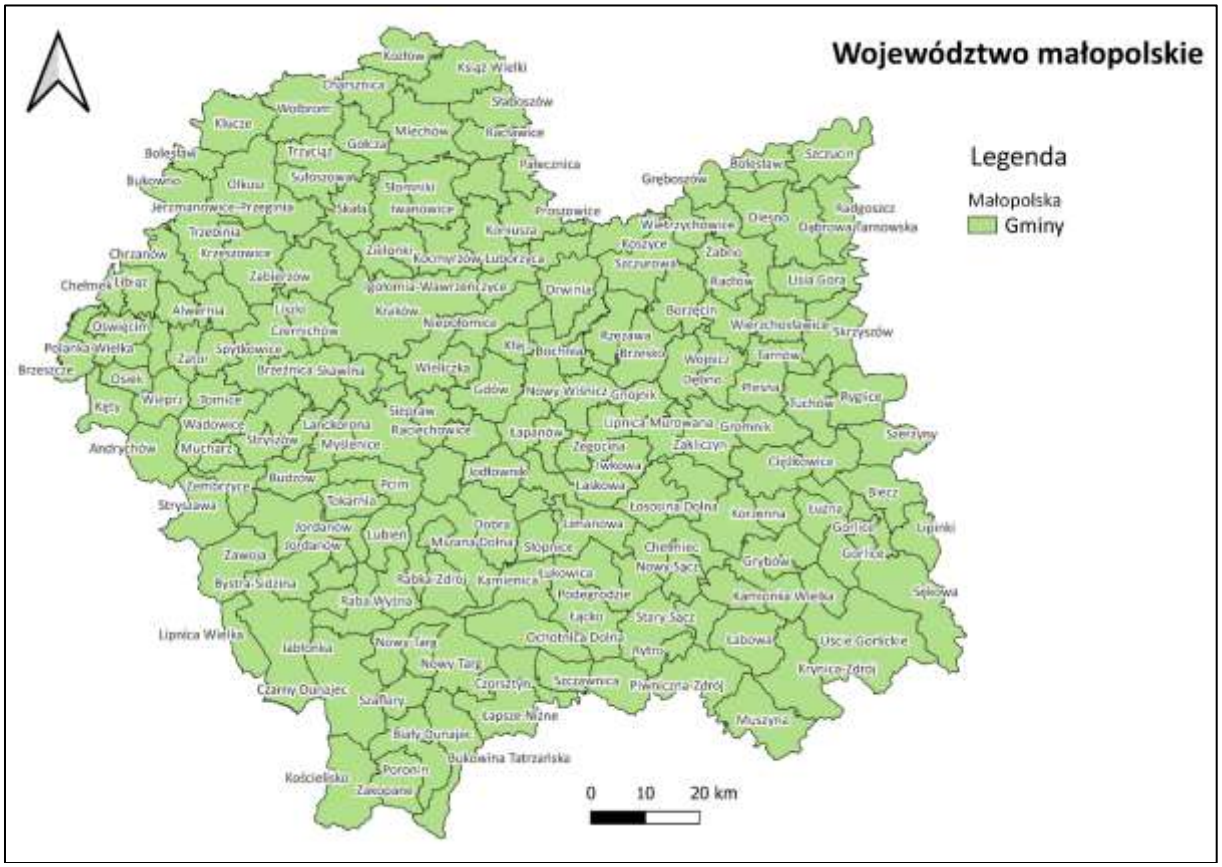
W ramach projektu LIFE-IP EKOMAŁOPOLSKA Akademia Górniczo-Hutnicza przygotowała szczegółową analizę możliwości zastosowania odnawialnych źródeł energii w województwie małopolskim. Wyniki analizy przestawione zostały w niniejszym raporcie.

W celu optymalnego wykorzystania OZE w Małopolsce w ramach projektu opracowane zostaną mapy lokalnego potencjału poszczególnych rodzajów odnawialnych źródeł energii. Stworzenie warstw GIS (*System Informacji Przestrzennej, ang. Geographic Information System*) pozwoli na wskazanie obszarów perspektywicznych dla realizacji nowych instalacji OZE. Prace te uzupełnione będą oceną efektów energetycznych, ekologicznych i ekonomicznych, które pozwolą na weryfikację słuszności podjęcia działań nad wdrożeniem rozpatrywanych rozwiązań w praktyce.

Województwo małopolskie składa się z 22 powiatów w tym trzech miast na prawach powiatu (Kraków, Tarnów, Nowy Sącz). Na terenie Małopolski leżą 182 gminy, a cały region liczy ok. 3,4 mln mieszkańców i zajmuje powierzchnię ok. 15,1 tys. km^2. Rysunki 1.1 oraz 1.2 przedstawią podział administracyjny województwa małopolskiego.



Rysunek 1.1 Województwo małopolskie – podział na powiaty (opracowanie własne w programie QGIS na podstawie danych z serwisu Geoportal, PGR, usługa przeglądania WMS)

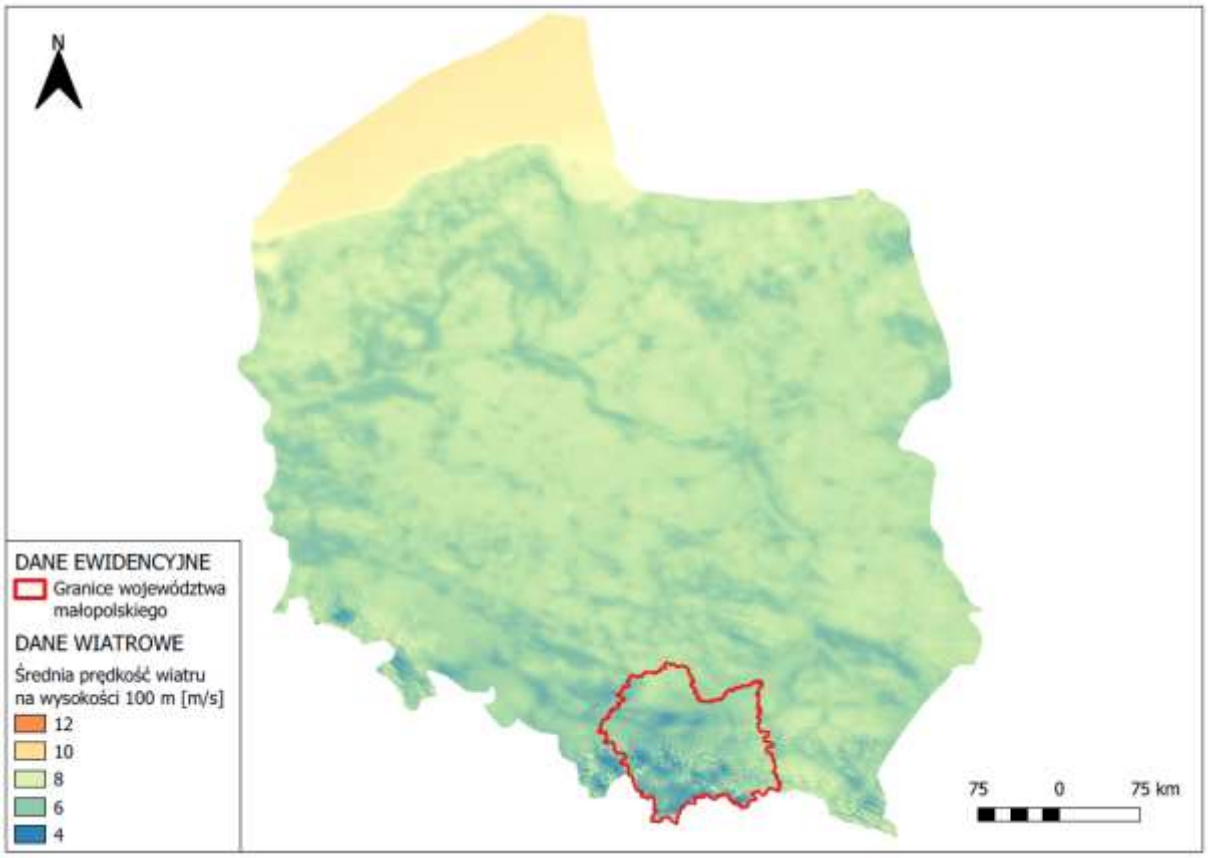


Rysunek 1.2 Województwo małopolskie – podział na gminy (opracowanie własne w programie QGIS na podstawie danych z serwisu Geoportal, PGR, usługa przeglądania WMS)

2. Energetyka wiatrowa

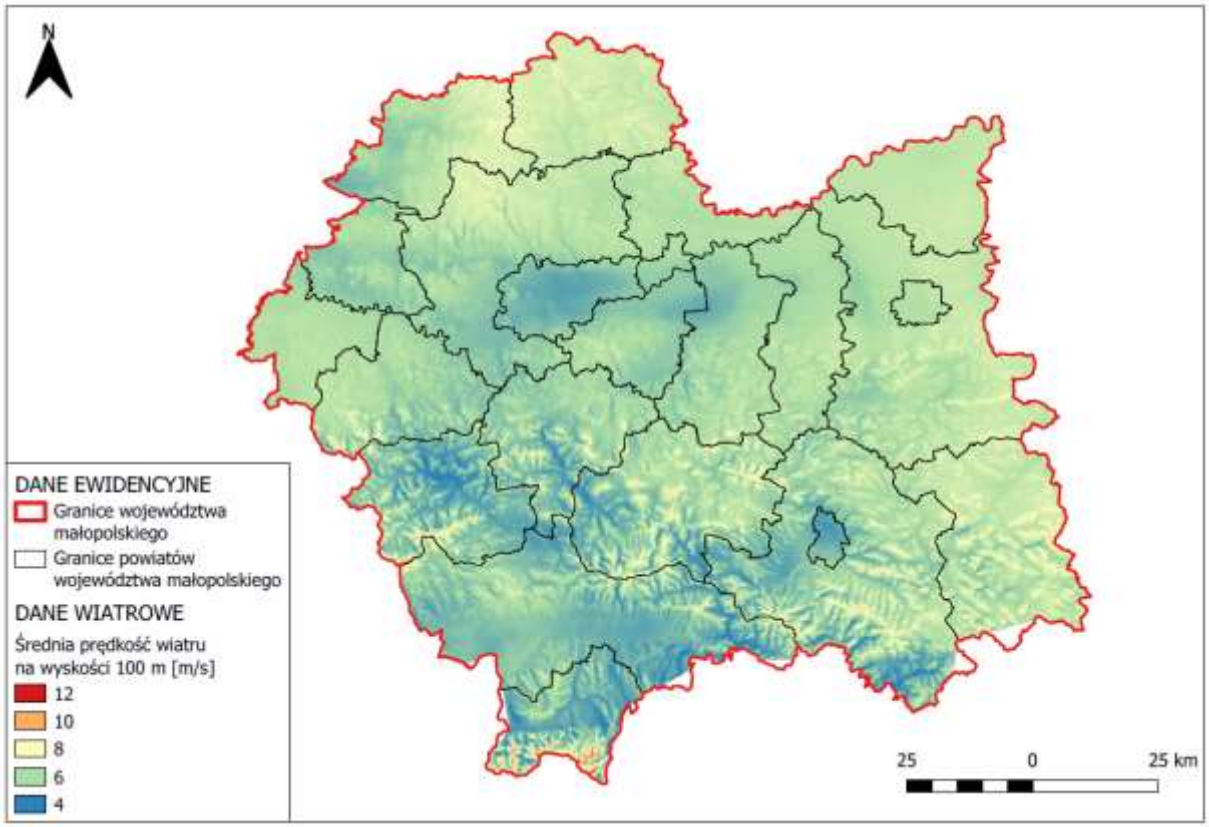
2.1 Potencjał zasobowy energii wiatru

Województwo małopolskie na tle obszaru innych województw Polski cechuje się najmniejszymi średnimi prędkościami wiatru. Przeważają tu wiatry osiągajace prędkość 4-6 m/s na wysokości 100 m (rysunek 2.1). Występujące w województwie małopolskim średnie prędkości mają stosunkowo niskie wartości, co sprawia, że województwo nie jest rozpatrywane jako wysoko perspektywiczne w kontekście energetycznego wykorzystania wiatru w Polsce.



Rysunek 2.1 Średnia prędkość wiatru w Polsce na wysokości 100 m (opracowanie własne na podstawie: www.globalwindatlas.info)

Największe średnie prędkości wiatru w województwie małopolskim na wysokości 100 m występują na północy i wschodzie, lokalnie także w centralnych, zachodnich i południowych obszarach województwa. Z kolei wiatry o najniższych prędkościach można zaobserować w południowej, południowo-zachodniej i środkowej części województwa. Średnie wartości prędkości wiatru zmieniają się w zakresie od 4 m/s do 12 m/s, jednak wysokie prędkości występują jedynie w kilku mniejszych obszarach, przeważają natomiast wiatry o niewielkiej prędkości: od 4 do 6 m/s (rysunek 2.2).



Rysunek 2.2 Średnia prędkość wiatru na wysokości 100 m w województwie małopolskim (opracowanie własne na podstawie: www.globalwindatlas.info)

Powiaty, które cechują się najlepszymi stabilnymi warunkami wiatrowymi w województwie to np.: powiat dąbrowski, miechowski, proszowicki, oświęcimski, gdzie średnie minimalne prędkości wiatru wahają się w przedziale od 5,6 do 6,1 m/s, podczas, gdy średnie wartości maksymalne wahają się przedziale od 6,7 do 7,1. Stosunkowo dobre warunki wiatrowe występują również m. in. w powiatach krakowskim, gorlickim i tarnowskim. W powiecie miechowskim na praktycznie całym obszarze wiatr wieje ze średnią prędkością między 6 a 8 m/s. Podobne wyniki odnotowuje powiat gorlicki, lokalnie występuje tu również wiatr o prędkości sięgającej ponad 9 m/s. We wschodniej części powiatu olkuskiego i północnej części powiatu krakowskiego średnie prędkości wiatru oscylują wokół wartości ok. 8 m/s. Na obszarze powiatu tarnowskiego występuje głównie wiatr o prędkości 6 m/s, miejscami jednak dochodzi do wartości 8 m/s. Jeśli chodzi o lokalnie występujące wysokie prędkości wiatru, wyróżnić należy tutaj powiaty: gorlicki, nowosądecki, limanowski, myślenicki, wadowicki, suski, nowotarski i tatrzański – wartości te dochodzą do nawet 11-12 m/s.

Najniższymi średnimi prędkościami wiatru, poza występującymi lokalnie anomaliami, cechują się powiaty położone w południowej, południowo-zachodniej i centralnej części województwa: nowosądecki, nowotarski, tatrzański, suski, limanowski, myślenicki, miasta Nowy Sącz i Kraków.

Powiaty o najmniej zróżnicowanej średniej prędkości wiatru to: dąbrowski, oświęcimski, proszowicki, chrzanowski oraz miasto Tarnów – na ich obszarze średnia prędkość utrzymuje się w okolicach wartości 6-7 m/s.

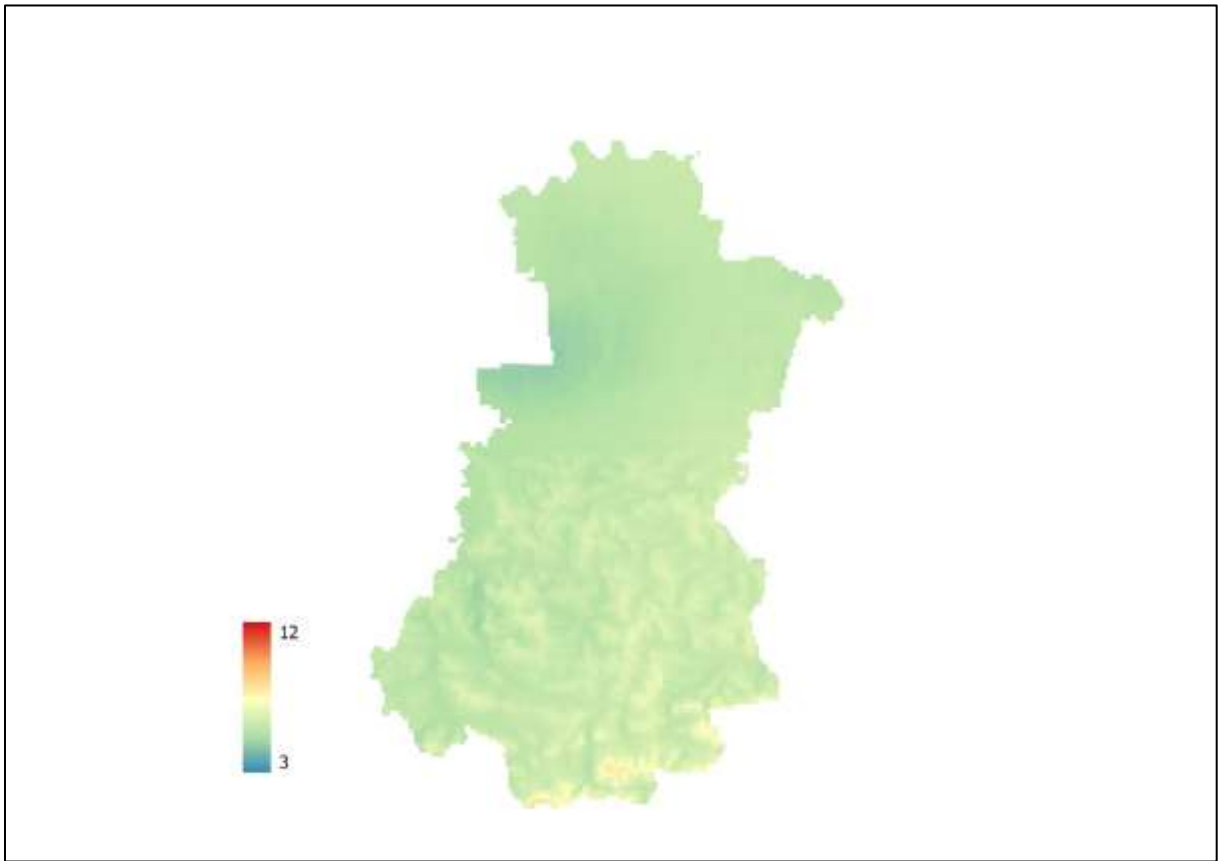
Powiaty o najbardziej zróżnicowanej średniej prędkości wiatru to: tatrzański, nowotarski oraz suski. Oznacza to, że na terenie powiatów mogą występować obszary o zarówno wysokich prędkościach wiatru jak i obszary mało perspektywiczne, gdzie występują prędkości wiatru w przedziałach odpowiednio: 3,5-12,3; 3,3-11,3 oraz 3,6-11,1 m/s. Powiaty te charakteryzują się jednocześnie najwyższymi średnimi maksymalnymi. Występujące tak wysokie prędkości wiatrów mają jednak zwykle charakter lokalny.

Zróżnicowanie powiatów pod względem prędkości wiatru jest duże. Prędkości minimalne oraz maksymalne obserwowane w poszczególnych powiatach przedstawiono w tabeli 2.1. Wyniki posortowano według najwyższej maksymalnej średniej prędkości wiatru w powiecie.

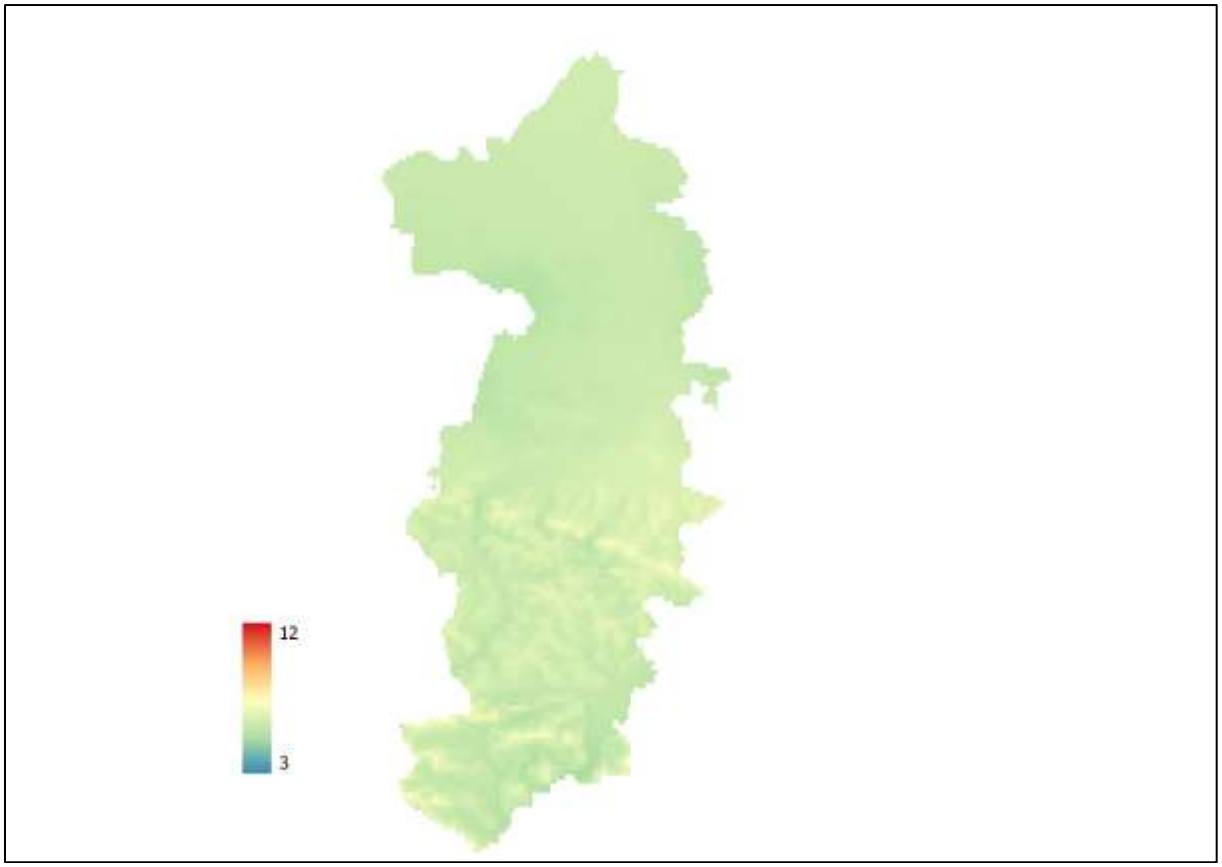
Tabela 2.1 Szacunkowe prędkości minimalne oraz maksymalne wiatru w powiatach województwa małopolskiego. Powiaty ułożone w kolejności od najwyższej średniej prędkości wiatru występującej w powiecie (opracowanie własne na podstawie Global Wind Atlas)

Powiat	**Średnia prędkość wiatru (m/s)**	
	Min.	Max
tatrzański	3,5	12,3
nowotarski	3,3	11,3
suski	3,6	11,1
limanowski	3,9	9,5
gorlicki	4,5	9,4
myślenicki	4,1	9,2
nowosądecki	2,8	9,2
wadowicki	4,5	9,1
bocheński	4,8	8,5
tarnowski	5	8,4
miechowski	6	7,9
olkuski	5	7,9
krakowski	4,9	7,7
brzeski	5,3	7,6
proszowicki	5,7	7,2
dąbrowski	6,1	7,1
wielicki	4,8	7
chrzanowski	5,2	6,8
oświęcimski	5,6	6,7

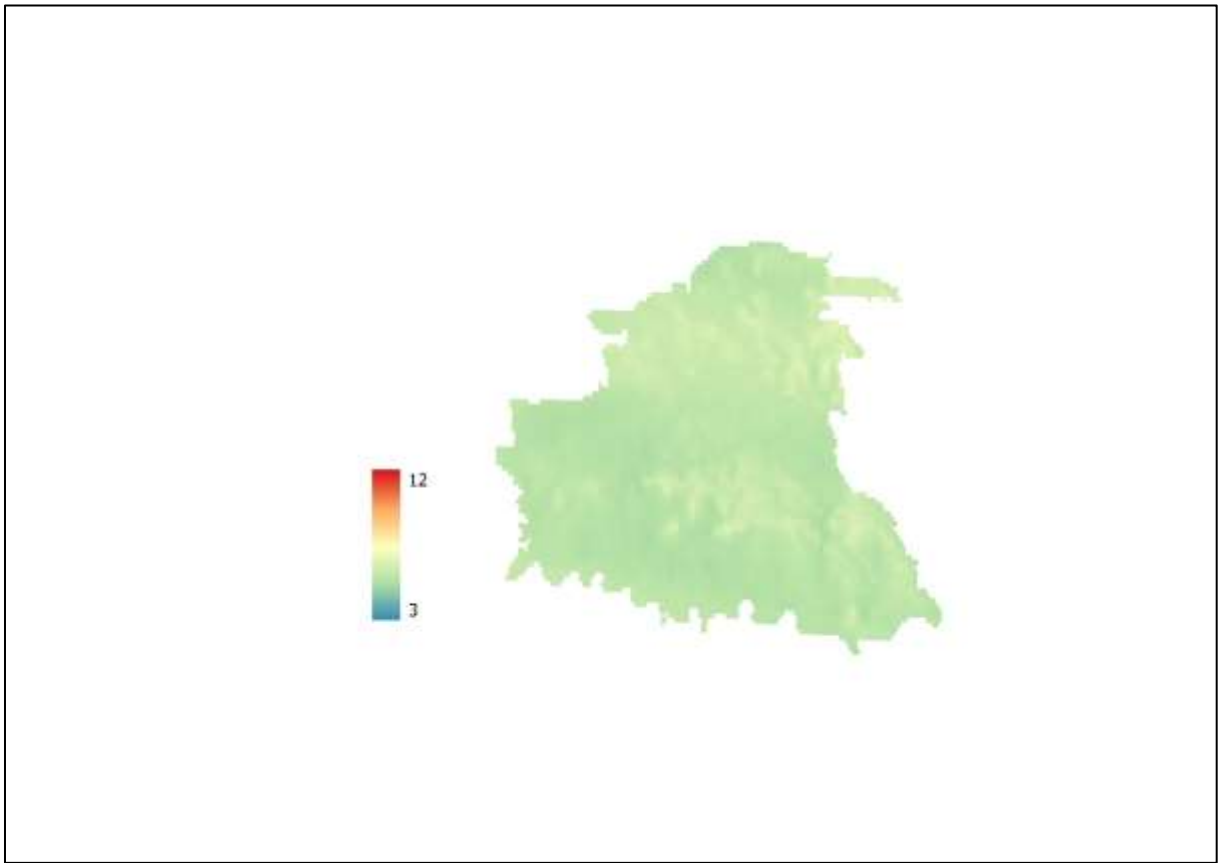
Na rysunkach 2.3-2.21 przedstawiono rozkłady prędkości wiatru dla poszczególnych powiatów.



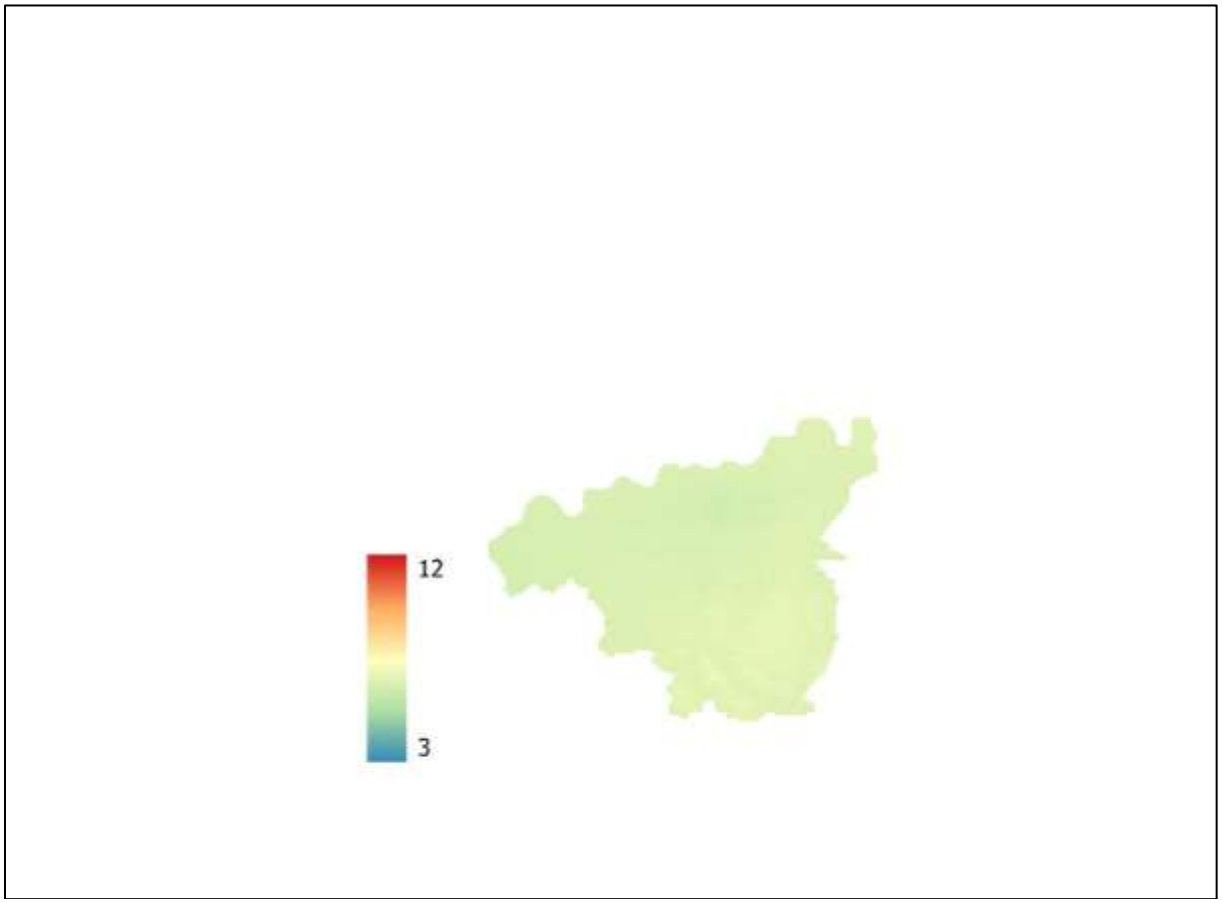
Rysunek 2.3 Prędkości wiatru występujące w powiecie bocheńskim (prędkości podane w m/s)



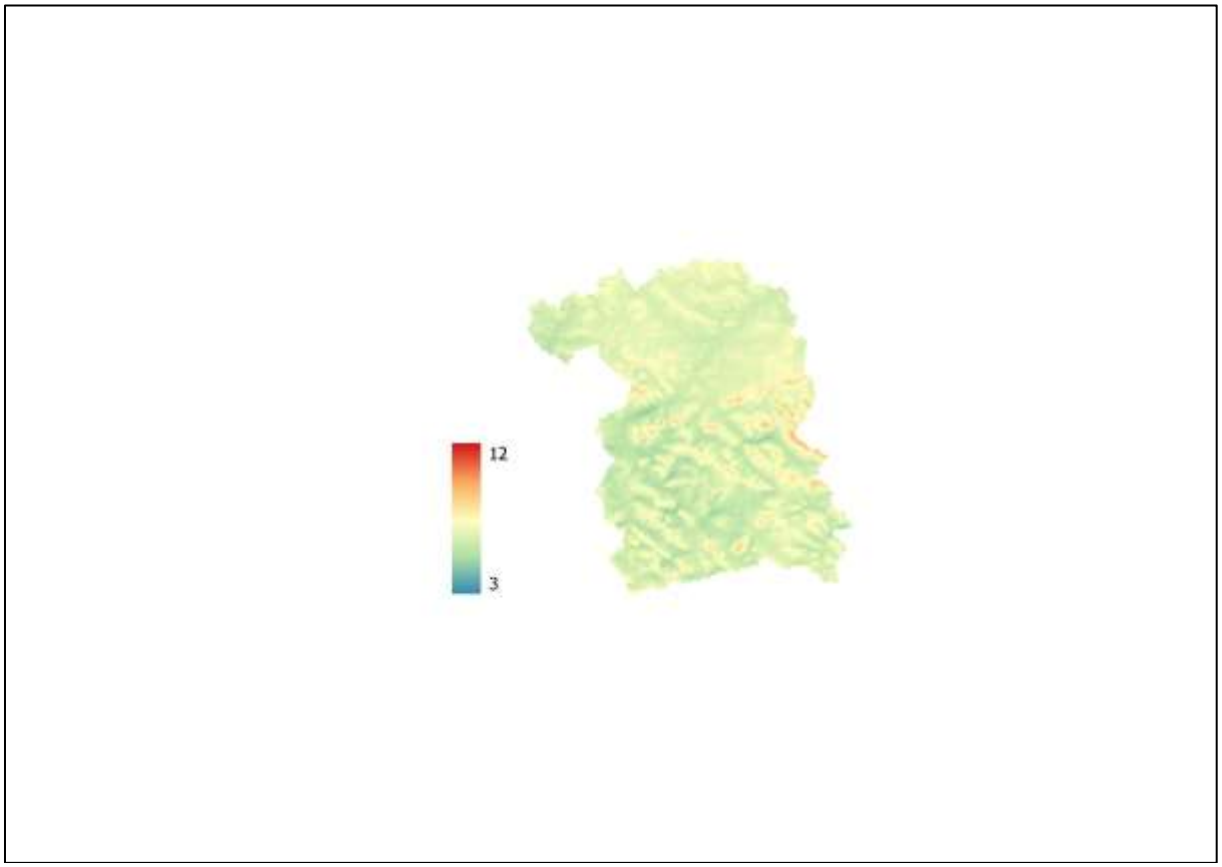
Rysunek 2.4 Prędkości wiatru występujące w powiecie brzeskim (prędkości podane w m/s)



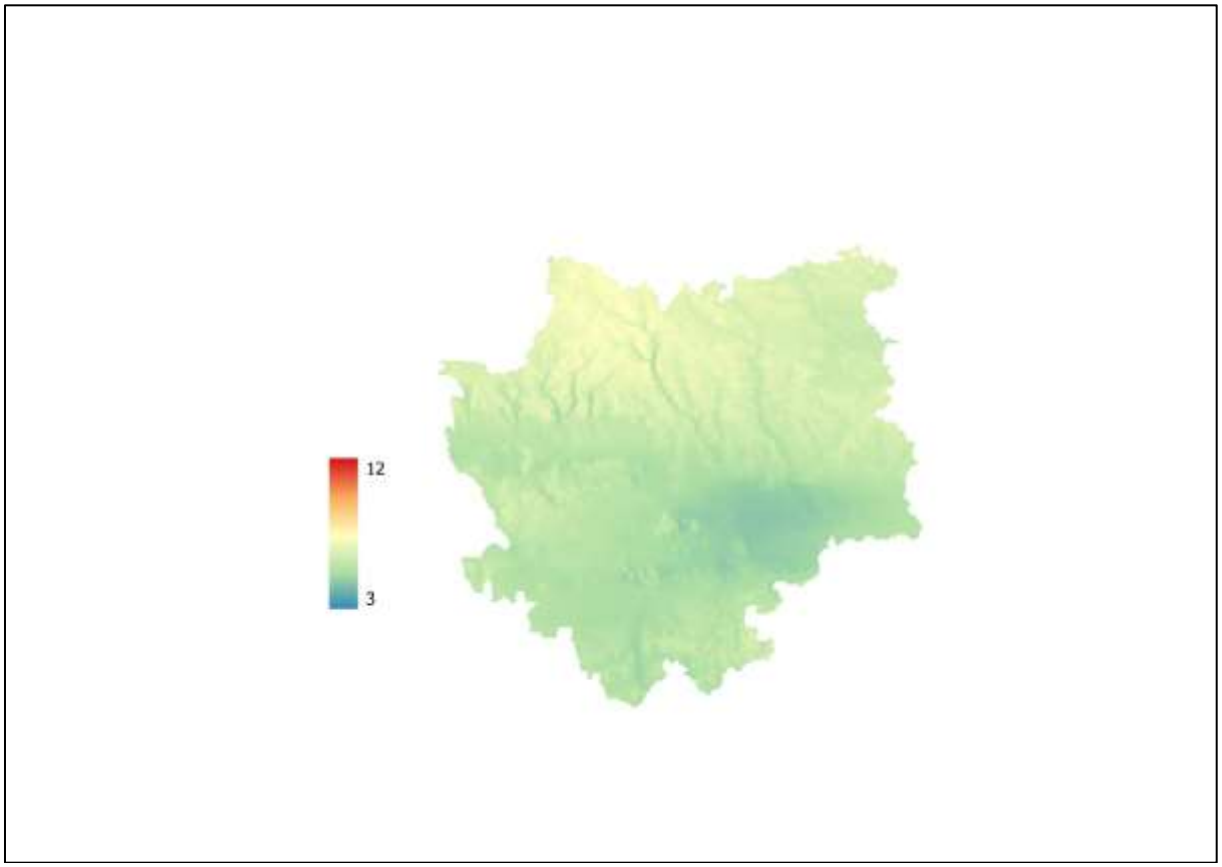
Rysunek 2.5 Prędkości wiatru występujące w powiecie chrzanowskim (prędkości podane w m/s)



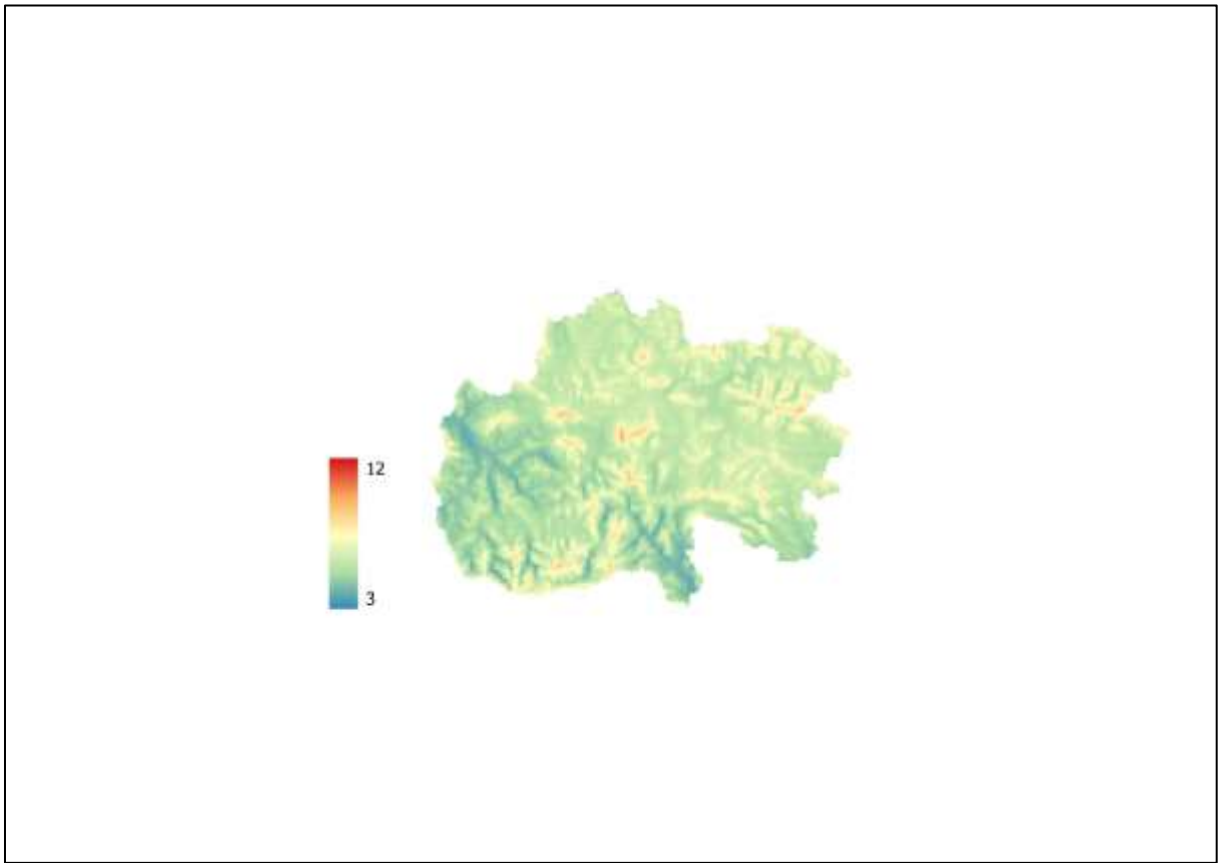
Rysunek 2.6 Prędkości wiatru występujące w powiecie dąbrowskim (prędkości podane w m/s)



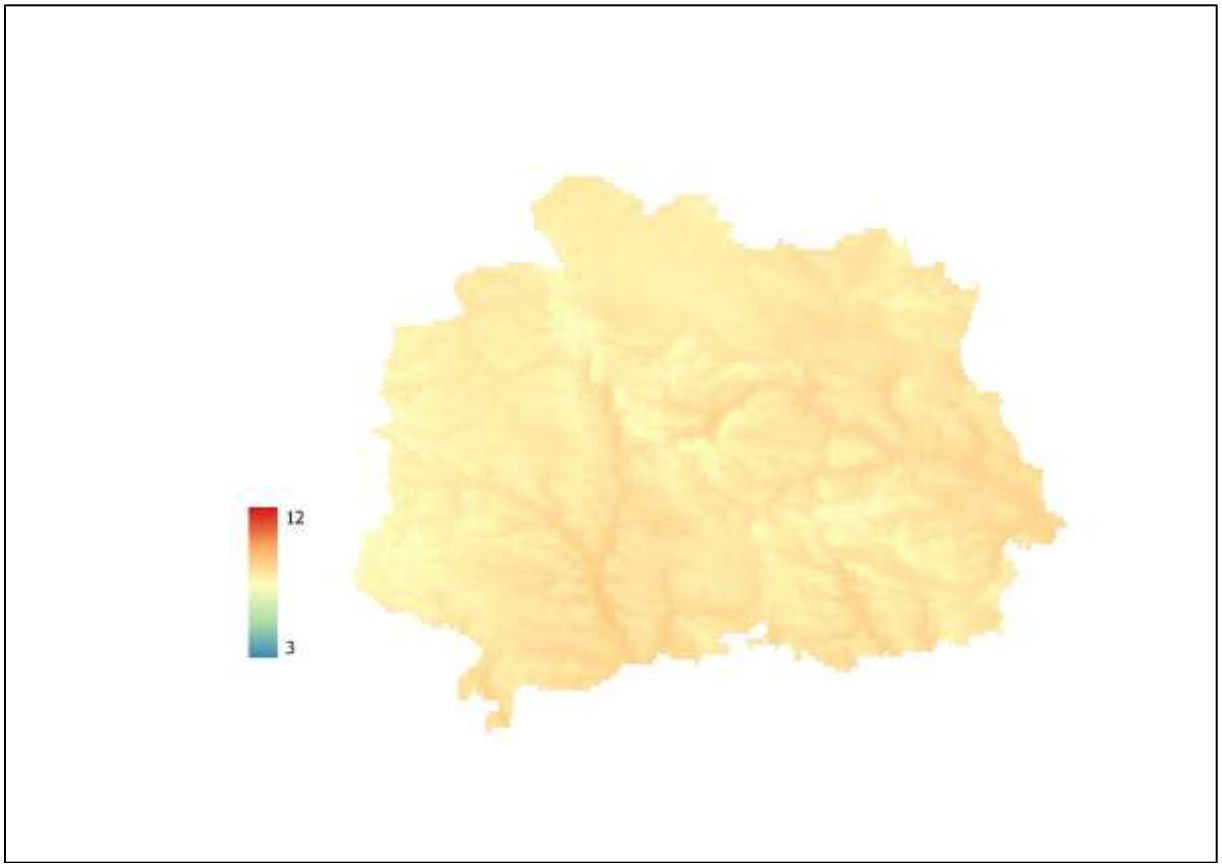
Rysunek 2.7 Prędkości wiatru występujące w powiecie gorlickim (prędkości podane w m/s)



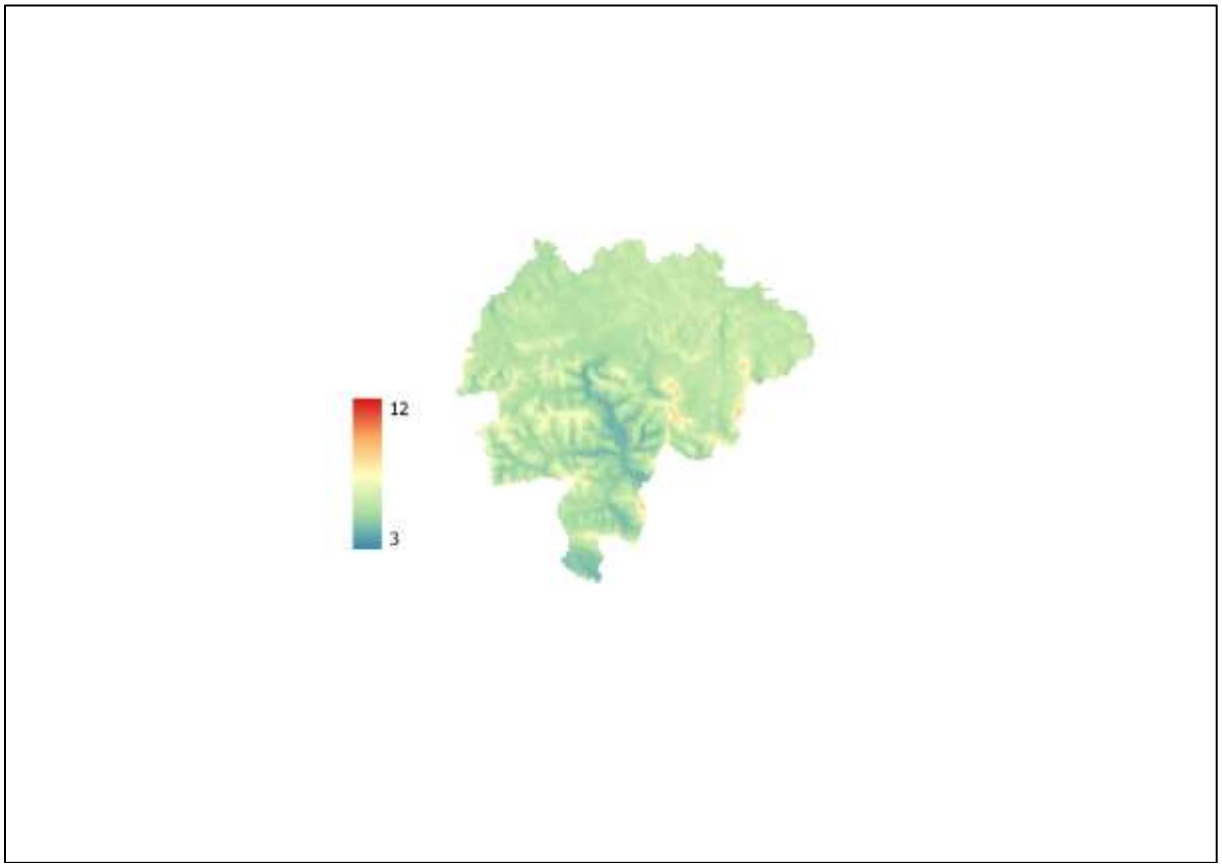
Rysunek 2.8 Prędkości wiatru występujące w powiecie krakowskim (prędkości podane w m/s)



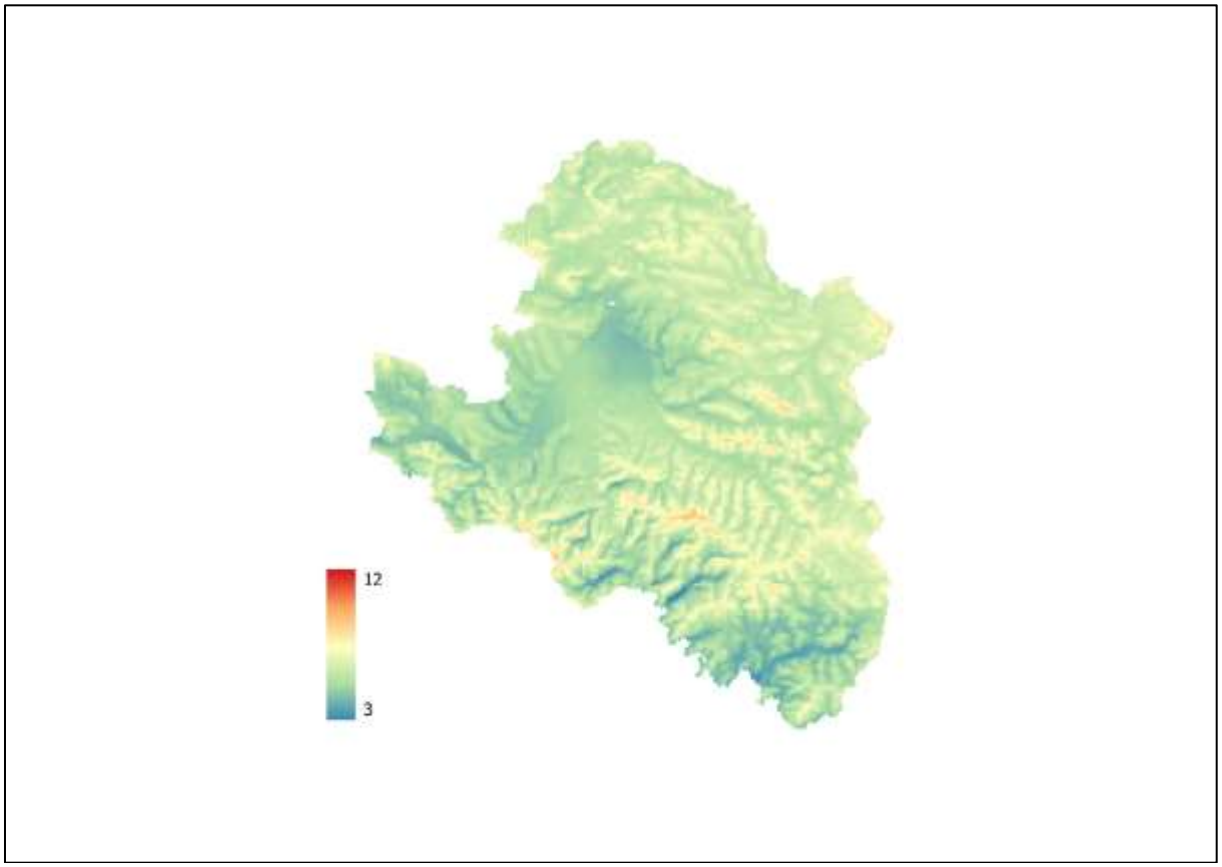
Rysunek 2.9 Prędkości wiatru występujące w powiecie limanowskim (prędkości podane w m/s)



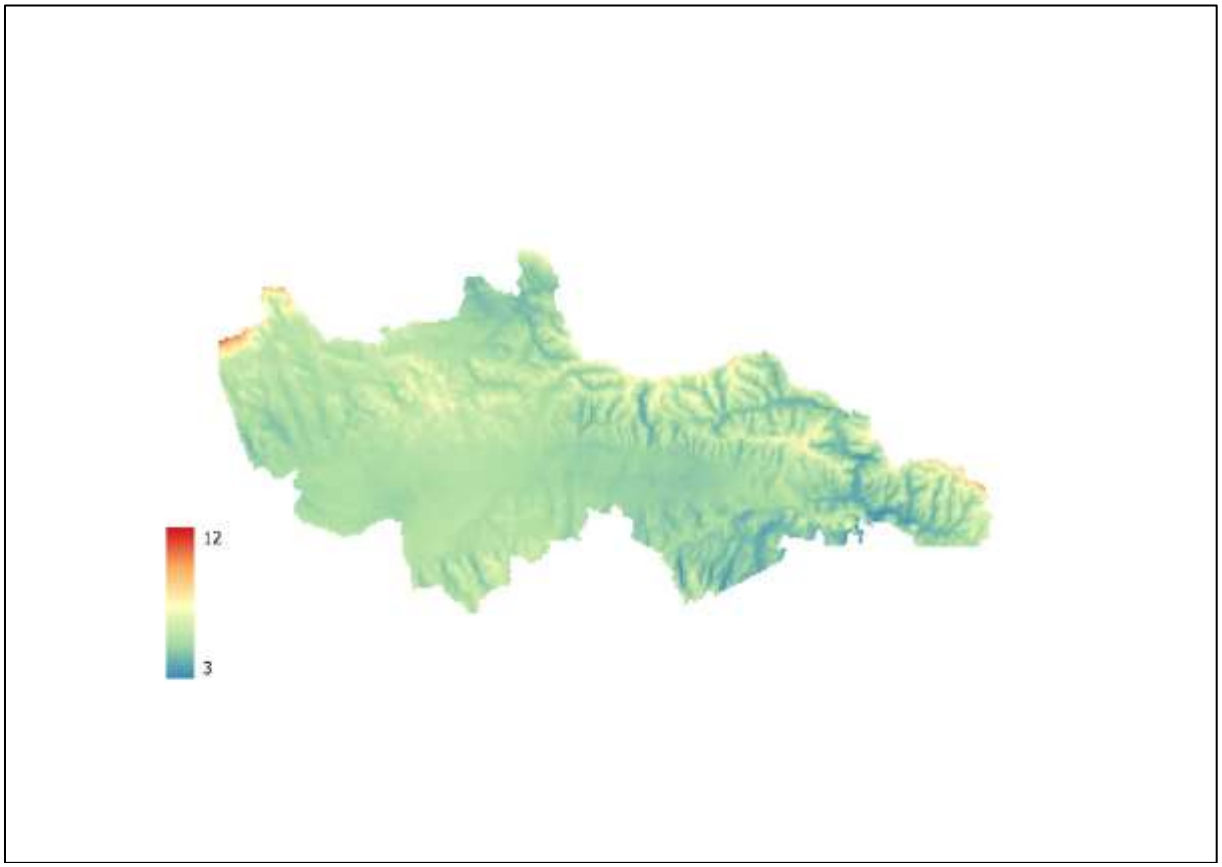
Rysunek 2.10 Prędkości wiatru występujące w powiecie miechowskim (prędkości podane w m/s)



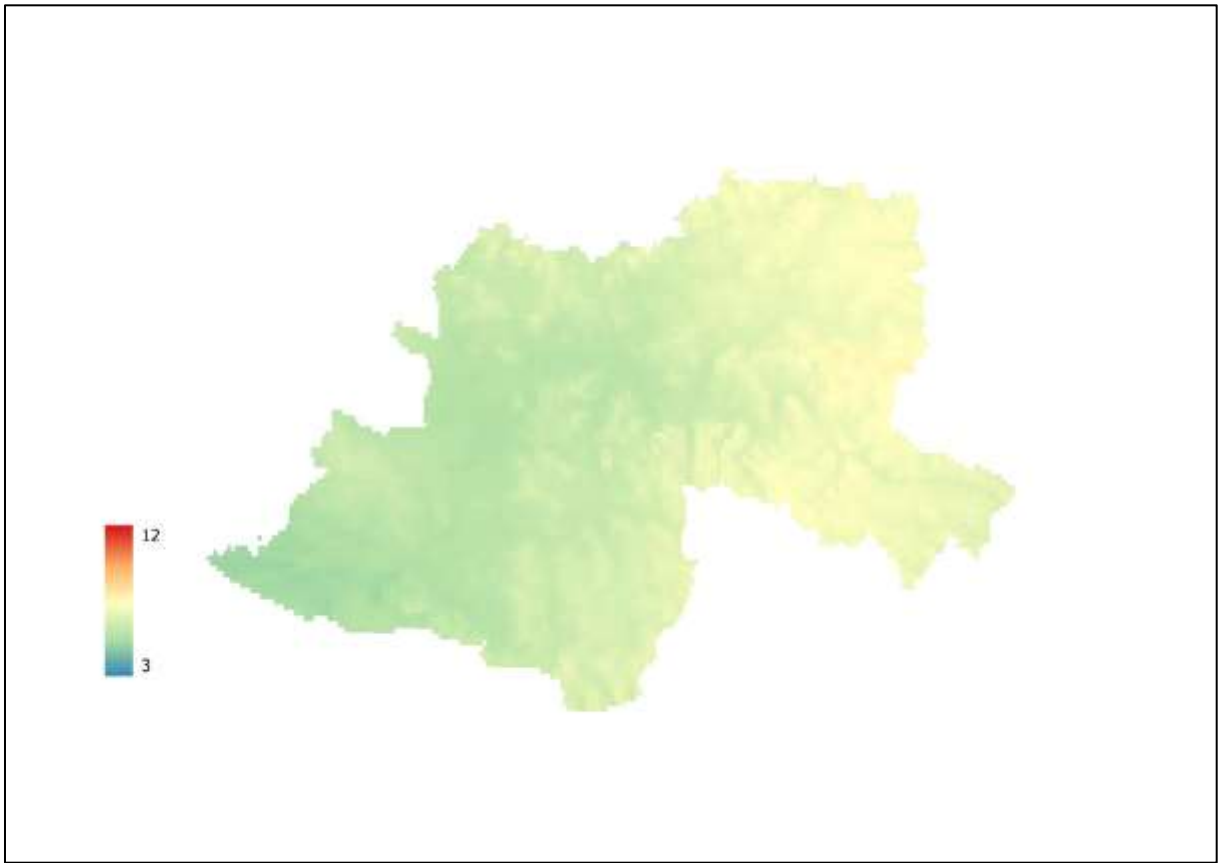
Rysunek 2.11 Prędkości wiatru występujące w powiecie myślenickim (prędkości podane w m/s)



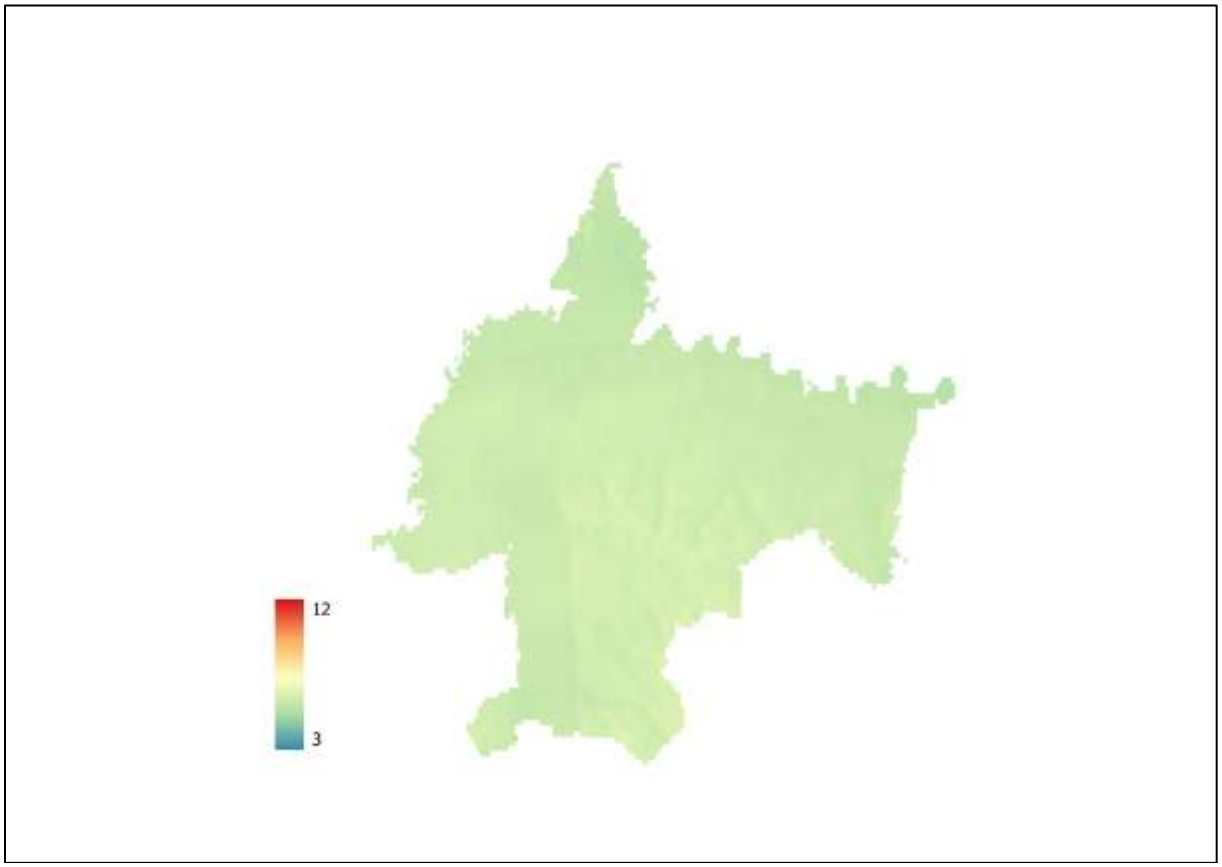
Rysunek 2.12 Prędkości wiatru występujące w powiecie nowosądeckim (prędkości podane w m/s)



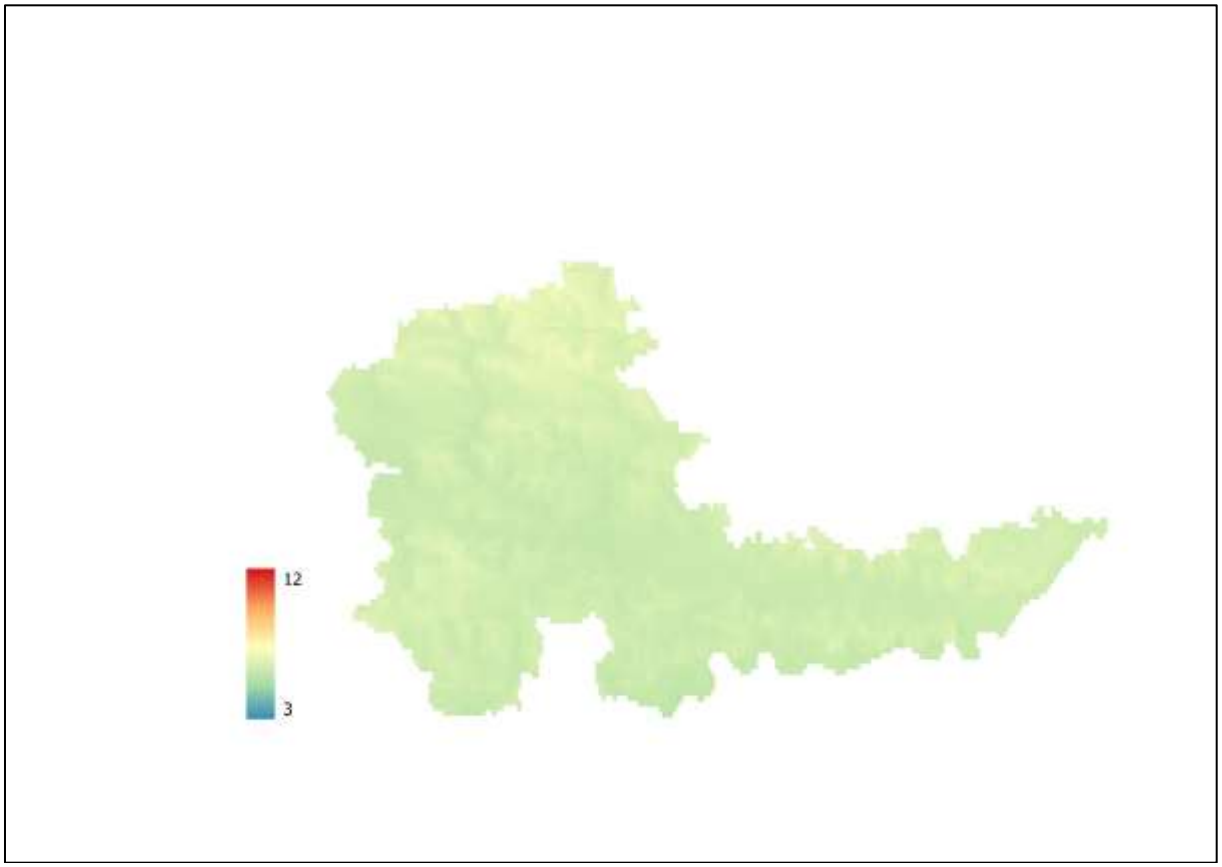
Rysunek 2.13 Prędkości wiatru występujące w powiecie nowotarskim (prędkości podane w m/s)



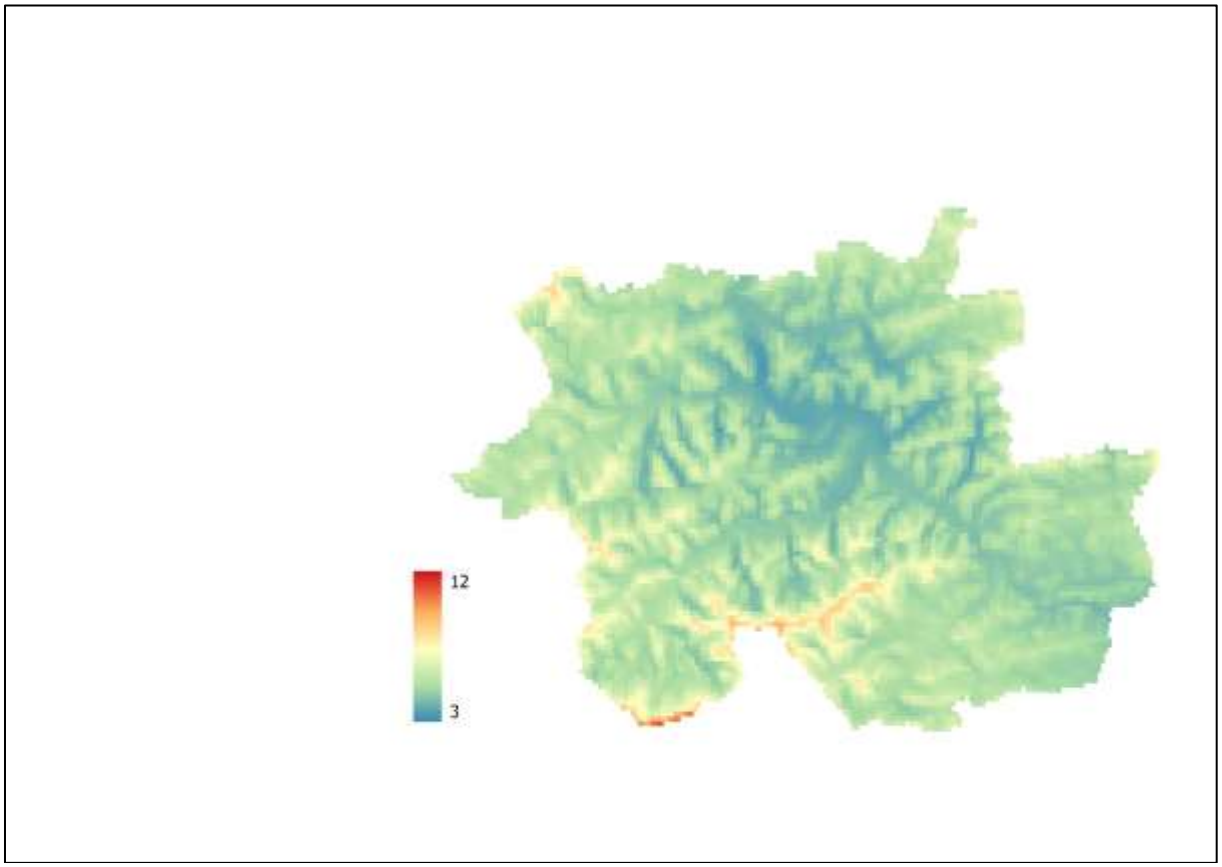
Rysunek 2.14 Prędkości wiatru występujące w powiecie olkuskim (prędkości podane w m/s)



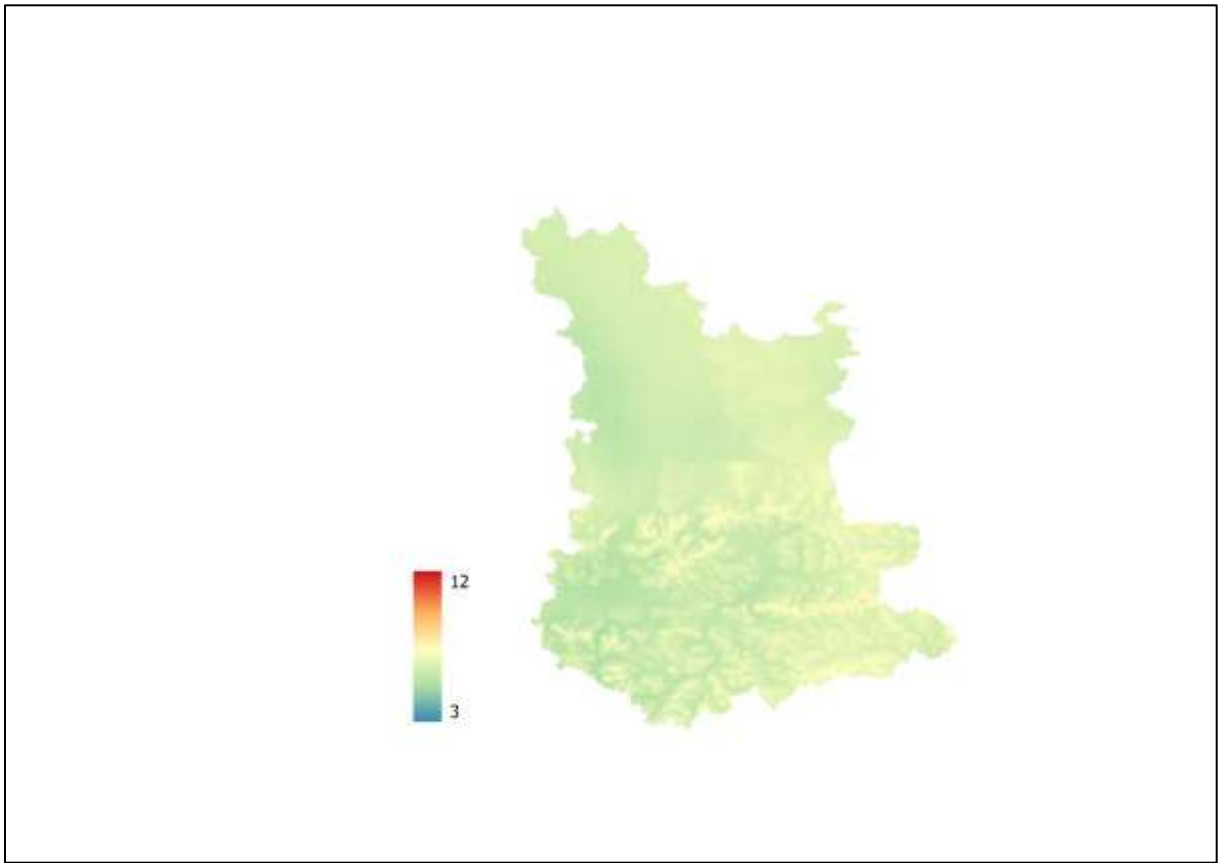
Rysunek 2.15 Prędkości wiatru występujące w powiecie oświęcimskim (prędkości podane w m/s)



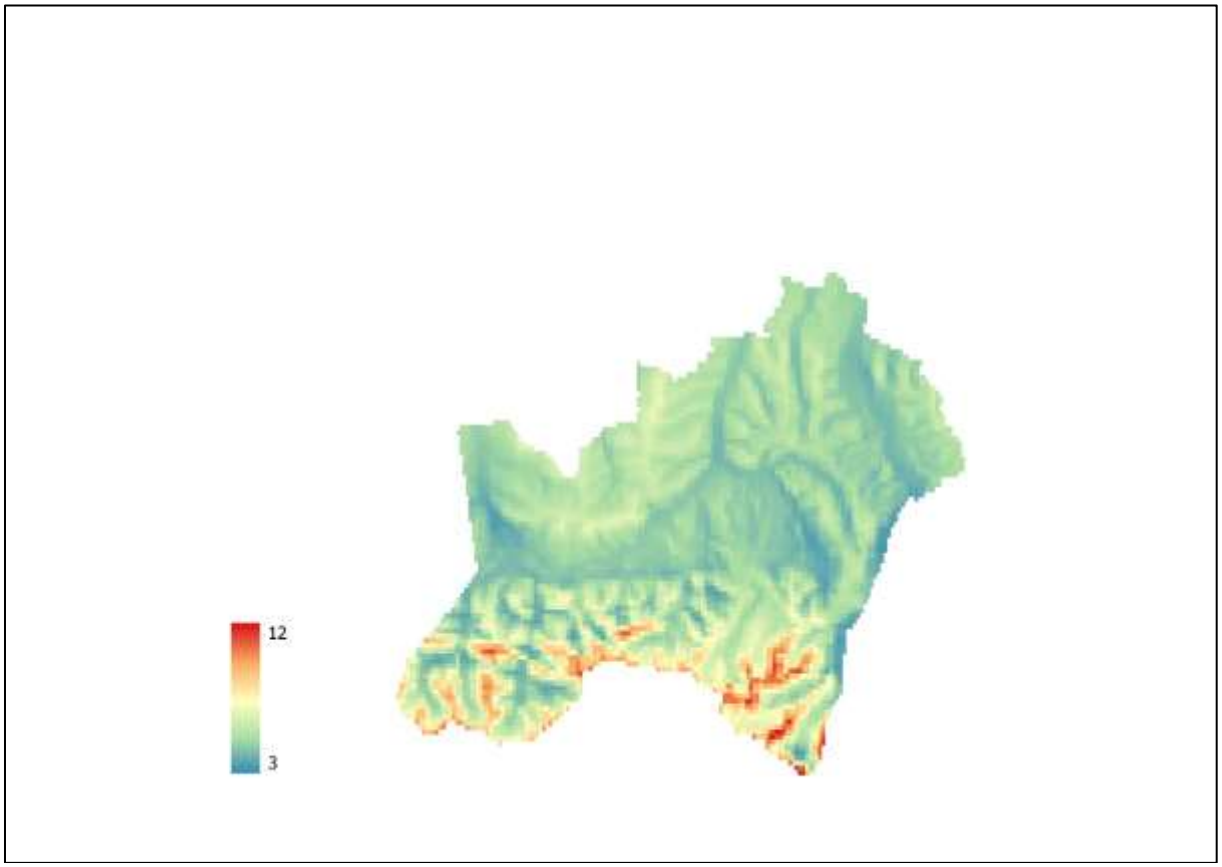
Rysunek 2.16 Prędkości wiatru występujące w powiecie proszowickim (prędkości podane w m/s)



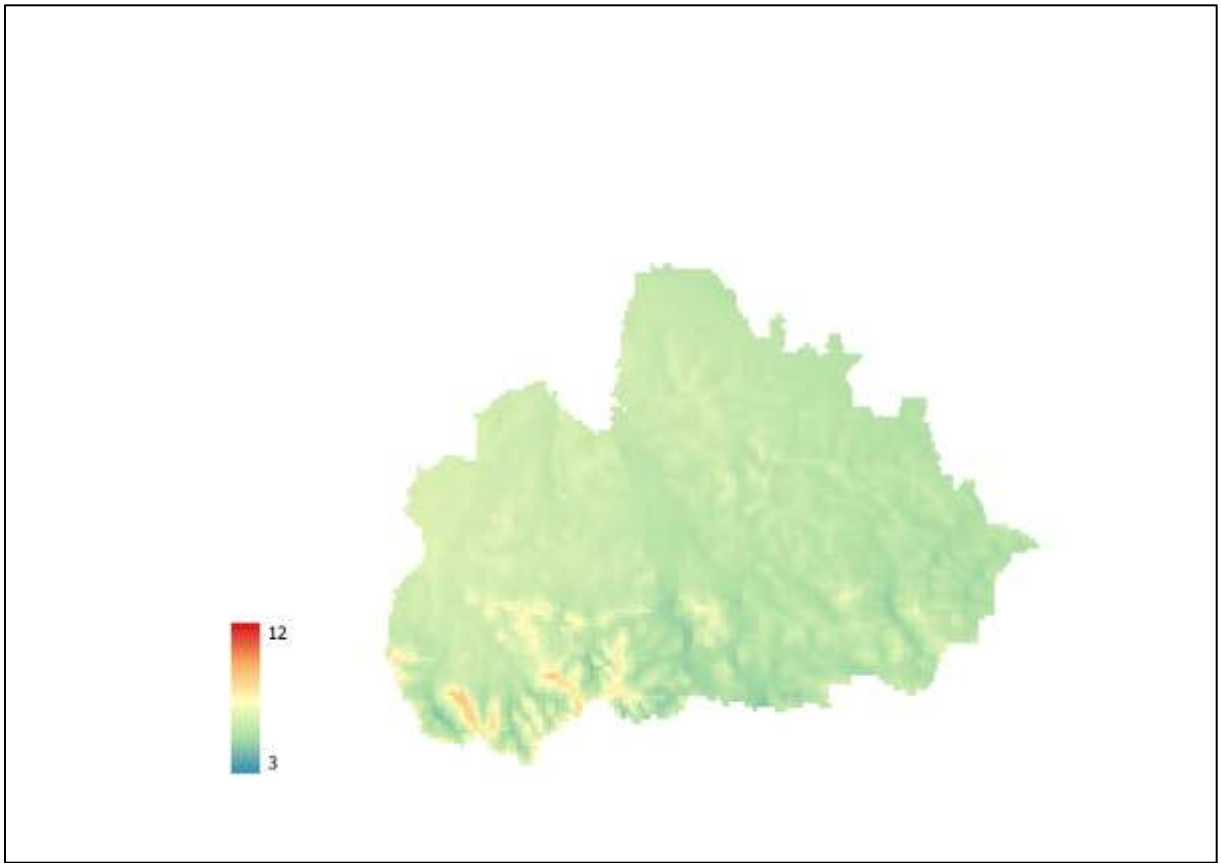
Rysunek 2.17 Prędkości wiatru występujące w powiecie suskim (prędkości podane w m/s)



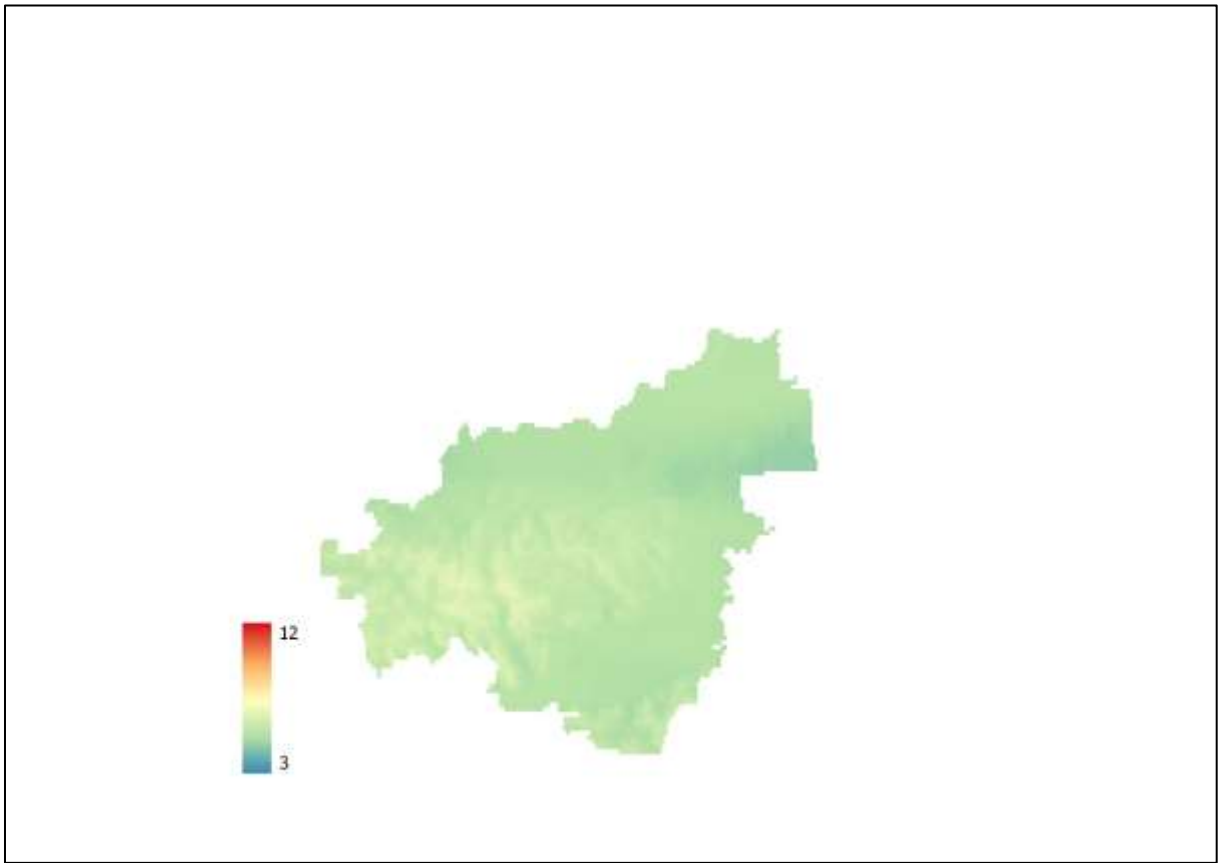
Rysunek 2.18 Prędkości wiatru występujące w powiecie tarnowskim (prędkości podane w m/s)



Rysunek 2.19 Prędkości wiatru występujące w powiecie tatrzańskim (prędkości podane w m/s)



Rysunek 2.20 Prędkości wiatru występujące w powiecie wadowickim (prędkości podane w m/s)

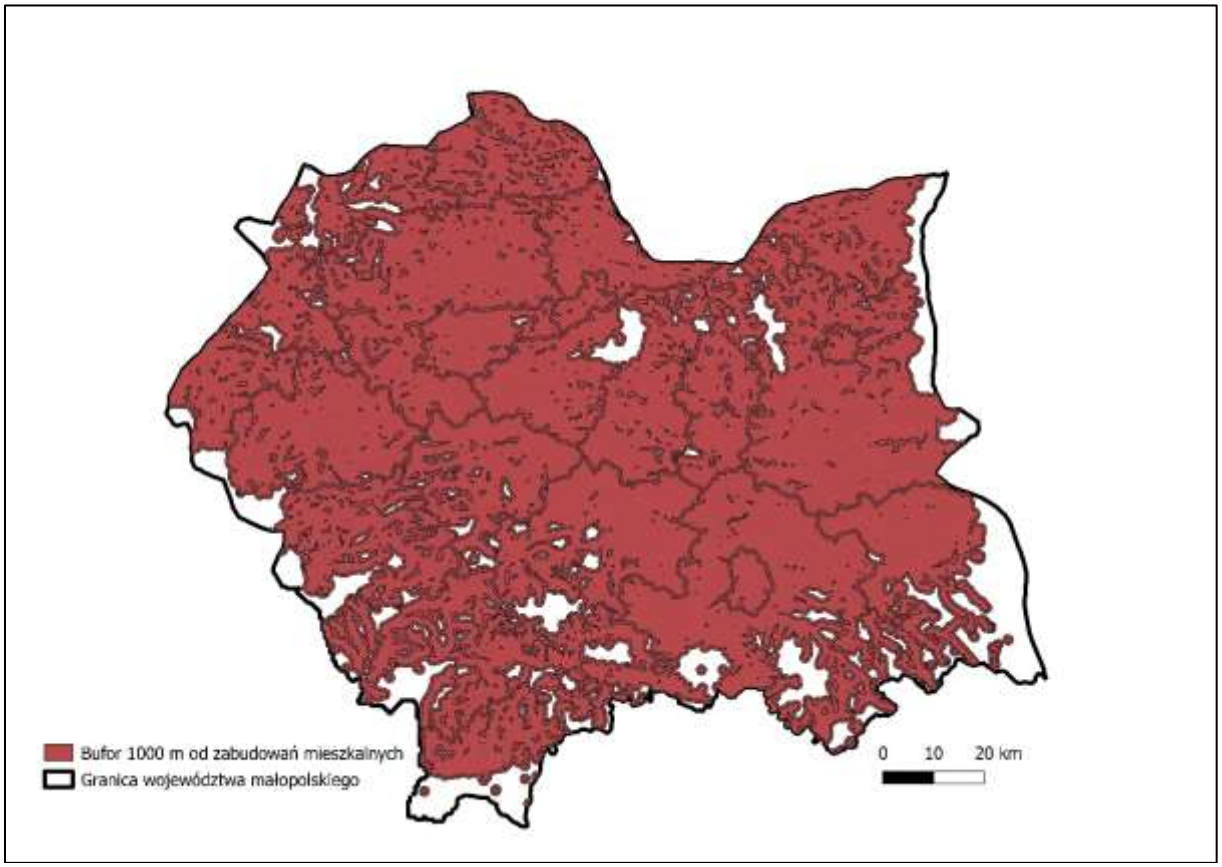


Rysunek 2.21 Prędkości wiatru występujące w powiecie wielickim (prędkości podane w m/s)

2.2 Ograniczenia lokalizacyjne

Zgodnie z Ustawą z dnia 20 maja 2016 r. o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych (Dz.U. 2016 poz. 961) odległość elektrowni wiatrowej od budynku mieszkalnego albo budynku o funkcji mieszanej, w skład której wchodzi funkcja mieszkaniowa musi być równa lub większa od dziesięciokrotności wysokości elektrowni wiatrowej mierzonej od poziomu gruntu do najwyższego jej punktu. Oznacza to, że przykładowa elektrownia wiatrowa, której wysokość wynosi 100 m musi być oddalona od zabudowań o co najmniej 1 km.

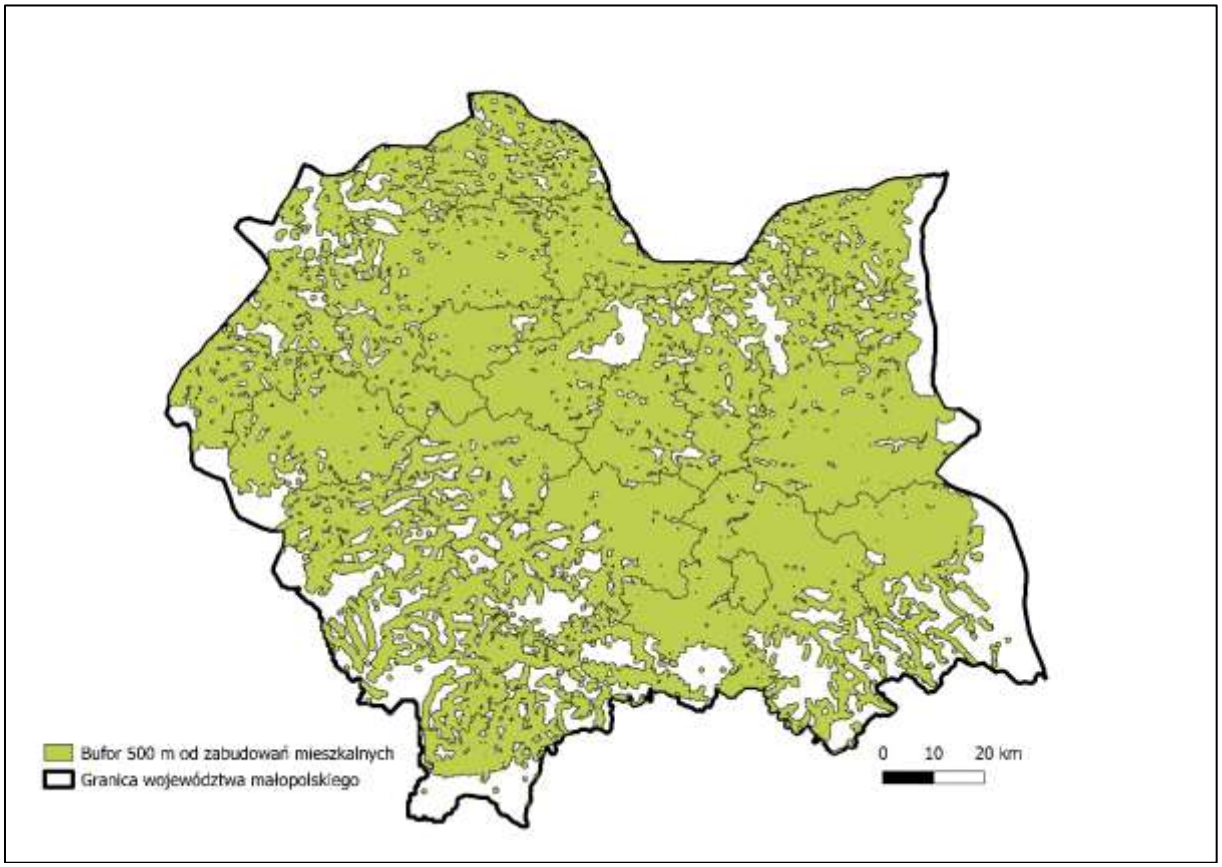
W opracowaniu przeanalizowano lokalizację budynków mieszkalnych tj. budynków sklasyfikowanych jako budynki mieszkalne jednorodzinne, budynki o dwóch mieszkaniach, budynki o trzech i więcej mieszkaniach oraz budynki zbiorowego zamieszkania oraz zabudowa jedno i wielorodzinna. Wydzielono strefę buforową wokół nich o promieniu 1 000 m. Na rysunku 2.22 przedstawiono bufor 1 000 m od zabudowań mieszkalnych wskazujący na tereny wyłączone z możliwości posadowienia turbin wiatrowych na podstawie aktualnej sytuacji prawnej. Bufor ten obejmuje większą część województwa pozostawiając jedynie niecałe 11% powierzchni wolnej. Przy założeniu wyższych turbin wielkość dostępnej powierzchni zmniejsza się odpowiednio.



Rysunek 2.22 Bufor 1 000 m od zabudowań mieszkalnych na terenie województwa małopolskiego (opracowanie własne)

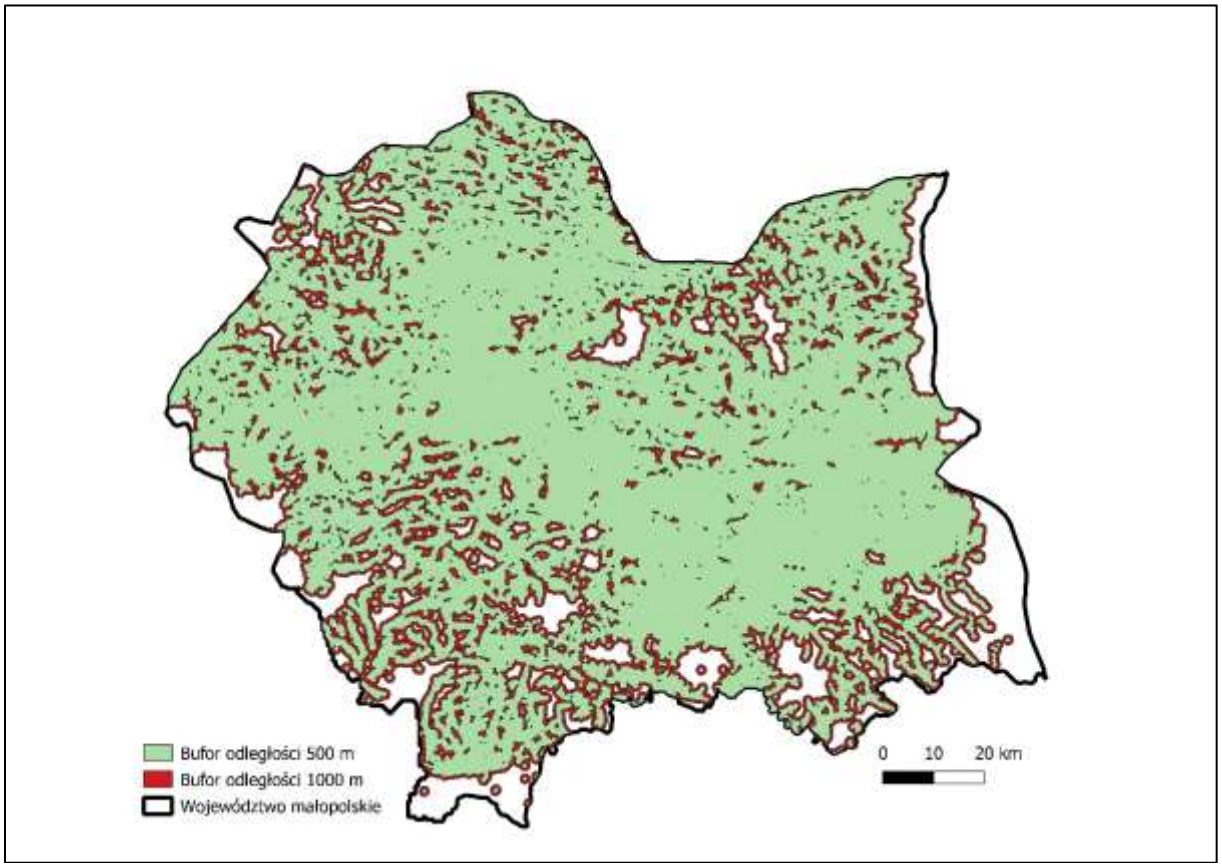
Propozycja nowelizacji ustawy o inwestycjach wiatrowych (Dz.U. 2016 poz. 961) pozwala na zwiększenie liczby dostępnych lokalizacji poprzez złagodzenie przepisów dotyczących odległości. Zakłada ona, że minimalna odległość od budynków mieszkalnych może wynosić 500 m. Takie założenie przyjęto na rysunku 2.23.

Bufor 500 m nadal obejmuje większą część województwa pozostawiając jedynie niecałe 24% powierzchni wolnej.



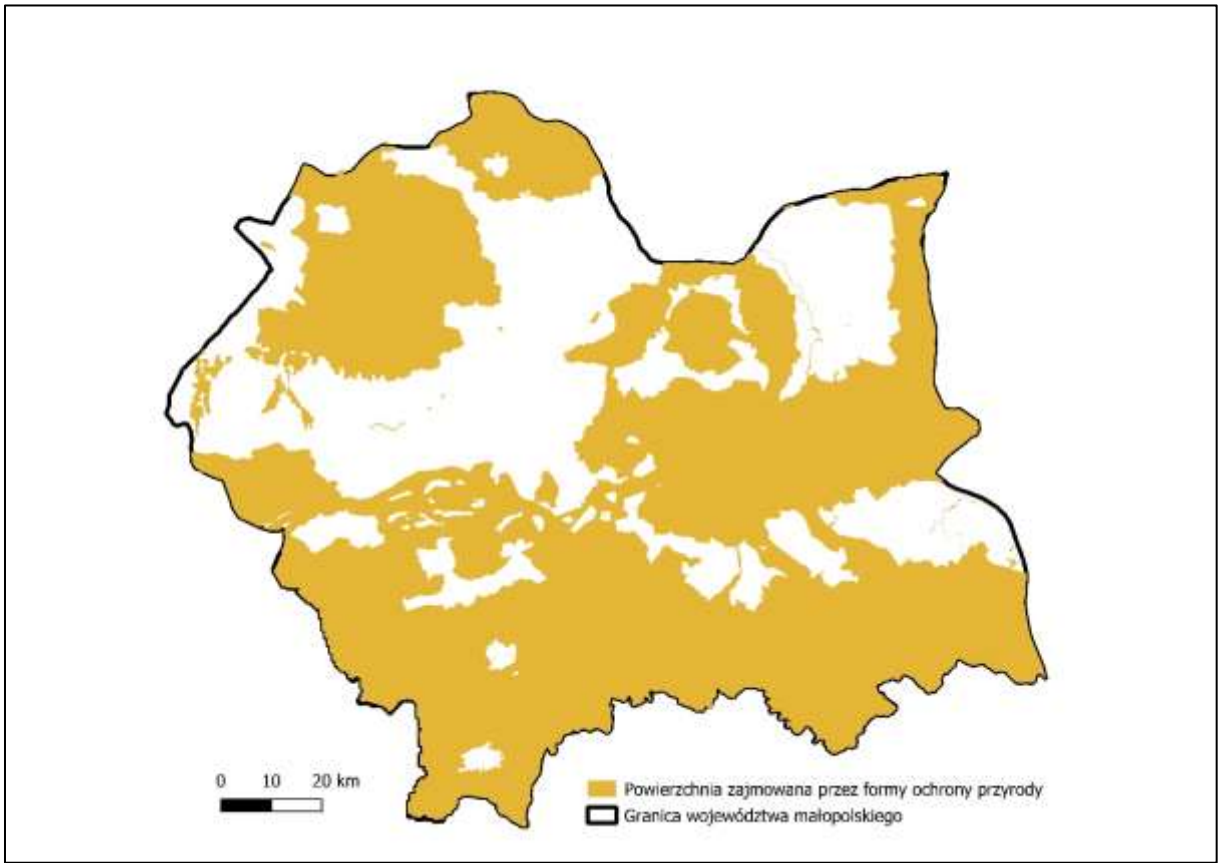
Rysunek 2.23 Bufor 500 m od zabudowań mieszkalnych na terenie województwa małopolskiego (opracowanie własne)

Zmiana ustawy zwiększyłaby potencjalną dostępność lokalizacji. Porównanie pomiędzy buforami pokazano na rysunku 2.24.



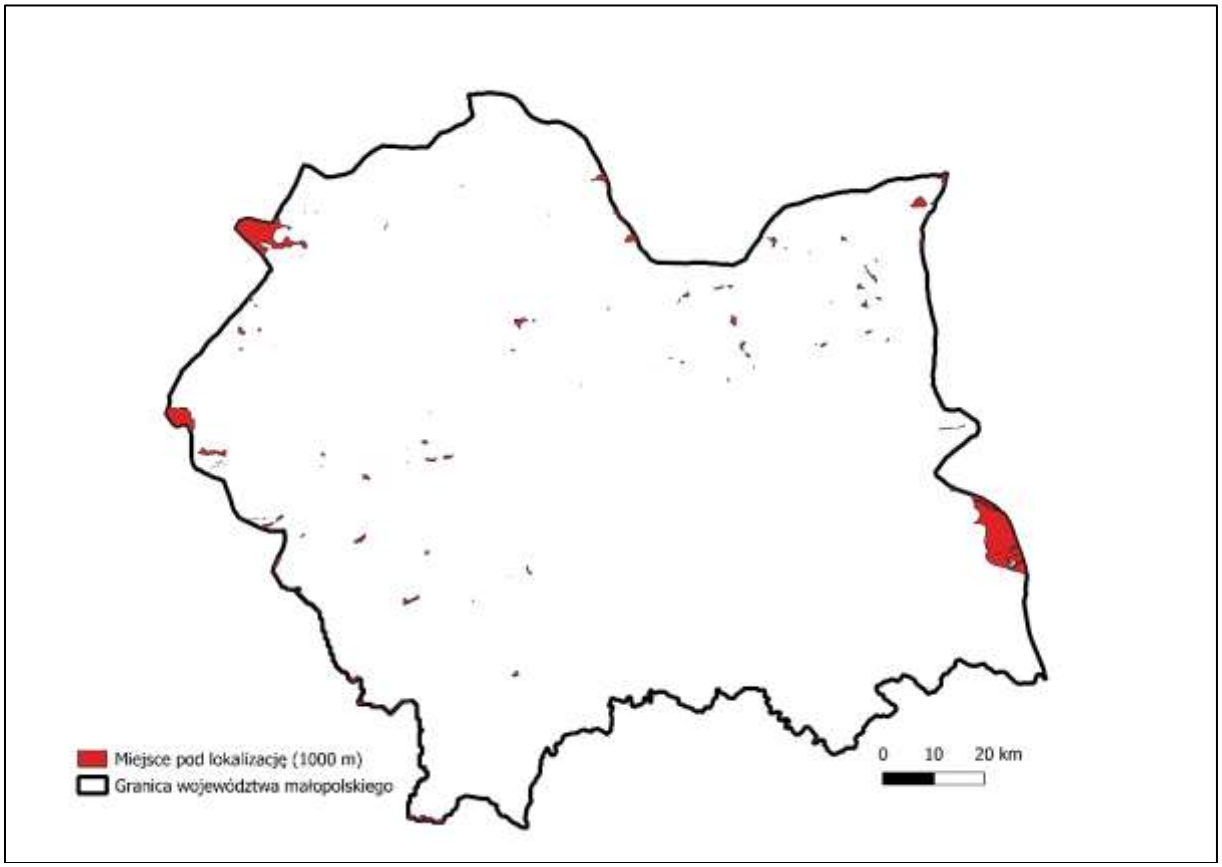
Rysunek 2.24 Porównanie obszaru wyłączonego z możliwości lokalizowania inwestycji wiatrowych na terenie województwa małopolskiego (pracowanie własne)

Obecny kształt ustawy zakłada również oddalenie od form ochrony przyrody. Na rysunku 2.25 przedstawiono zaznaczoną powierzchnię form ochrony przyrody występujące w województwie małopolskim. Pod uwagę wzięto parki narodowe, parki krajobrazowe, rezerwaty, korytarze ekologiczne, obszary chronionego krajobrazu, obszary mające znaczenie dla wspólnoty (OZW) / specjalne obszary ochrony (SOO), obszary specjalnej ochrony, zespoły przyrodniczo-krajobrazowe.



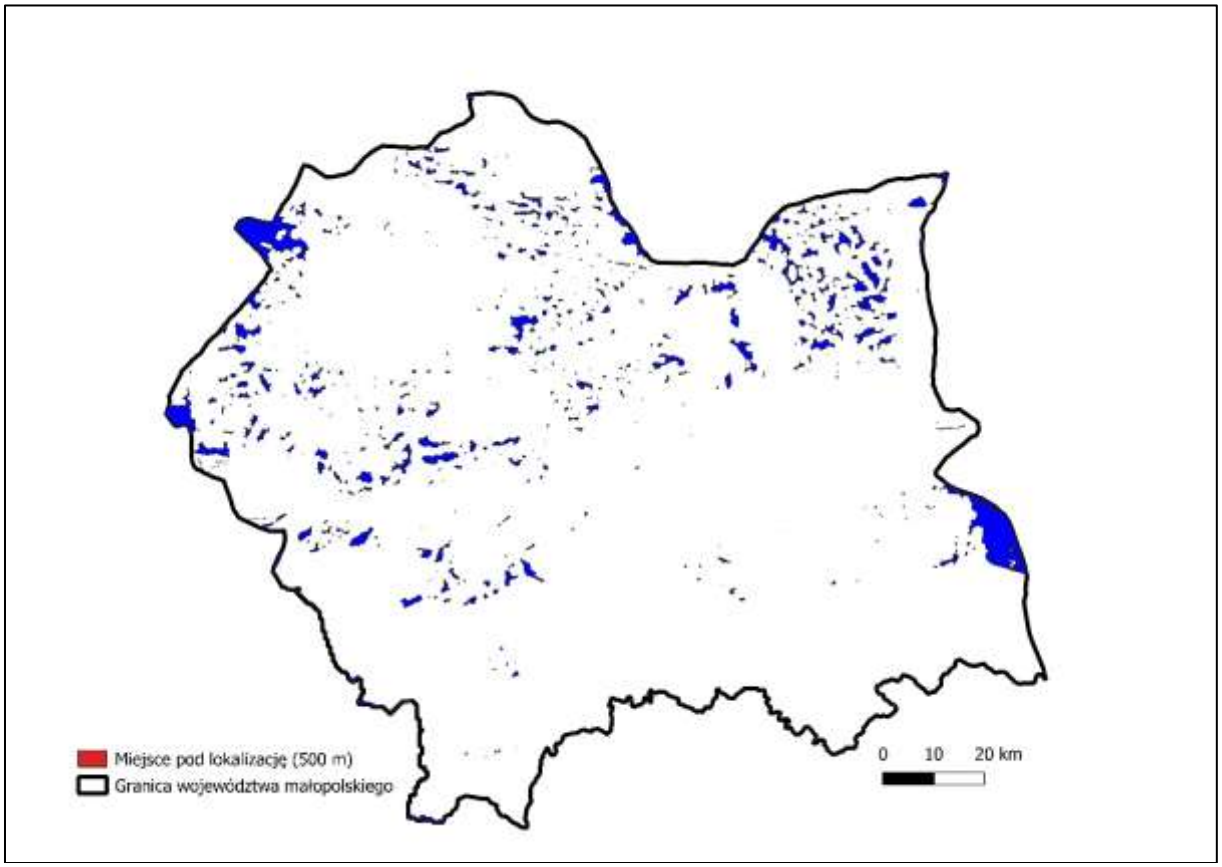
Rysunek 2.25 Łączna powierzchnia form ochrony przyrody na terenie województwa małopolskiego (opracowanie własne)

Biorąc pod uwagę powyższe, na terenie województwa małopolskiego obszar, na którym możliwe jest zlokalizowanie inwestycji wiatrowych jest niewielki. Zakładając wyłączenie obszarów form ochrony przyrody oraz bufor 1 000 m od zabudowań mieszkalnych pozostaje 1% powierzchni województwa, na której możliwe są inwestycje w zakresie dużych turbin wiatrowych (rysunek 2.26).



Rysunek 2.26 Obszary, w których możliwe są lokalizacje turbin wiatrowych na podstawie aktualnej legislacji (dla turbin o wysokości 100 m) (opracowanie własne)

Zakładając złagodzenie ustawy o inwestycjach wiatrowych, a więc zmniejszenie maksymalnej odległości do 500 m oraz wyłączenie powierzchni form ochrony przyrody pozostaje 3,5% powierzchni województwa, na której możliwe są inwestycje w zakresie turbin wiatrowych (rysunek 2.27).

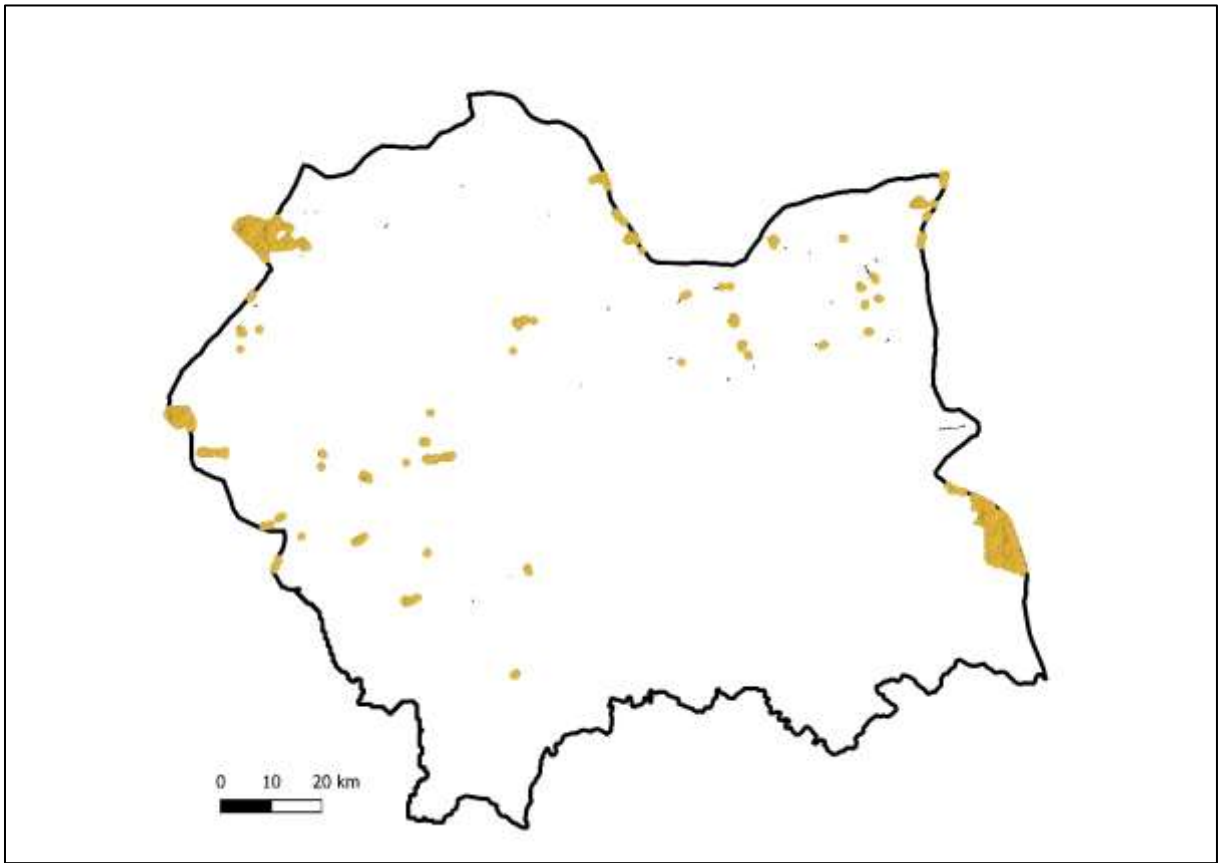


Rysunek 2.27 Obszary, w których możliwe są lokalizacje turbin wiatrowych na podstawie planowanej nowelizacji ustawy (opracowanie własne)

Na podstawie rysunków 2.26 oraz 2.27 należy stwierdzić, że lokalizacji o korzystnych warunkach dla turbin wiatrowych w województwie małopolskim jest raczej niewiele i są one rozdrobnione oraz mają charakter bardzo lokalny. Nieco korzystniejsza sytuacja występuje biorąc pod uwagę planowaną nowelizację ustawy zmieniająca wymogi odległościowe.

2.3 Ocena potencjału energii wiatru w województwie małopolskim

W celu oszacowania potencjału energii wiatru w województwie małopolskim ustalono ogólne strefy potencjalnej możliwości lokowania turbin wiatrowych. Strefy te ustalono eliminując obszary buforowe od zabudowań mieszkalnych oraz obszary występowania form ochrony przyrody. Nadmienić należy, że w celu dokładnego oszacowania potencjału dla mniejszych jednostek, np. gmin czy poszczególnych działek należy przeanalizować szczegółowo ograniczenia przestrzenne charakterystyczne dla tych jednostek, a które w tej analizie nie zostały uwzględnione ze względu na jej regionalny charakter. Następnie przeanalizowano możliwość posadowienia możliwej liczby turbin na dostępnej powierzchni. Strefy podzielono na mniejsze jednostkowe obszary o powierzchni 500 m^2, w których centrum zaplanowano pojedynczą turbinę wiatrową. Powierzchnia ta wynika z odległości, którą należy zachować od kolejnych turbin, aby uwzględnić ich największą sprawność. Założono, że turbiny jednostkowe będą miały wysokość 100 m oraz średnicę łopat wirnika 100 m. Obliczono, że łącznie na wydzielonych strefach może stanąć 360 turbin. Na rysunku 2.28 przedstawiono zakładane lokalizacje turbin wiatrowych.



Rysunek 2.28 Zakładane lokalizacje turbin wiatrowych do celów obliczenia potencjału energii wiatru w województwie małopolskim (opracowanie własne)

Aby oszacować roczny uzysk energii z oszacowanych 360 hipotetycznych turbin określono rozkład dla średniej prędkości wiatru 5 m/s według rozkładu Głuski. Następnie obliczono średnią moc wiatru odniesioną do powierzchni 1 m^2 dla przedziałów prędkości 4-25 m/s, na podstawie wzoru:

$$N_n = \frac{\rho}{2000} \times \left(\frac{V_n^3 + V_{n+1}^3}{2}\right)\left[\frac{kW}{m^2}\right]$$

gdzie:
N_n – moc wiatru dla n-tego przedziału prędkości [kW/m^2],
ρ – gęstość powietrza (ρ = 1,225 kg/m^3) [kg/m^3],
V_n^3-V_{n+1}^3 – granice przedziału prędkości wiatru [m/s].

Następnie przeliczono energię wiatru dla wszystkich przedziałów prędkości według wzoru:

$$E_n = N_n \times t_n \left[\frac{\frac{kWh}{m^2}}{rok}\right]$$

gdzie:
E_n – energia wiatru wyliczona dla n-tego przedziału prędkości [kWh/m^2/rok],
N_n – moc wiatru dla n-tego przedziału prędkości [kW/m^2],
t_n – czas trwania prędkości z n-tego przedziału [h].

Energię całkowitą obliczono wg wzoru:

$$E_c = \sum_{1}^{n} E_n \left[\frac{\frac{kWh}{m^2}}{rok}\right]$$

A następnie obliczono wydajność energetyczną elektrowni wiatrowej:

$$E_{netto} = E_e \times \xi \times \eta \times A \left[\frac{kWh}{rok}\right]$$

gdzie założono następujące warunki:
E_{netto} — energia netto uzyskana z elektrowni wiatrowej [kWh/rok],
E_e – energia wiatru na danym terenie [kWh/m^2],
ξ – współczynnik wykorzystania energii wiatru (przyjęto ξ = 0,35) [-],
η – sprawność mechaniczna i elektryczna elektrowni (przyjęto η = 0,9) [-],
A – powierzchnia wirnika elektrowni (przyjęto wirnik o średnicy 100 m) [m^2].

Zakładając możliwość posadowienia 360 sztuk turbin w oszacowanych powyżej lokalizacjach łączna teoretyczna energia możliwa do uzyskania wyniesie:

$$1\,567{,}60\ GWh\ rocznie$$

3. Energetyka wodna

Pozyskiwanie energii z wody opiera się o wykorzystanie energii wód śródlądowych (przepływ, różnica poziomów), a także energii mórz i oceanów (pływy, prądy, fale, gradient zasolenia). Hydroenergetyka, będąca jednym z najważniejszych odnawialnych źródeł energii, zajmuje się metodami pozyskiwania energii z wody i jej przetwarzaniem na energię mechaniczną i elektryczną. Odbywa się to głównie za pomocą turbin (silników) wodnych, jak również przy użyciu hydrogeneratorów w siłowniach wodnych (np. młynach) czy innych urządzeń w przypadku elektrowni morskich i oceanicznych. Do tego celu wykorzystuje się głównie energię wód śródlądowych charakteryzujących się znacznym natężeniem przepływu i dużym spadem (tj. naturalny nurt wody w rzece) lub różnicę poziomów (koncentracja spadu np. przy wykorzystaniu zapory).

Znajomość zasobów energetycznych wód płynących stanowi główny warunek dla oceny możliwości ich wykorzystania do wytwarzania użytecznych form energii (Nowak in., 2008, Karolewski i Ligocki, 2004). W naturalnych warunkach na drodze przepływu wód występuje zjawisko zamiany energii potencjalnej (wynikającej z różnicy wysokości położenia koryta cieku) w energię kinetyczną wody związaną z nadaną jej prędkością, zmieniającą się wzdłuż trasy spływu (Nowak i in., 2008). Teoretyczny zasób energii zawartej w płynącej wodzie można określić wykorzystując równanie Bernoulliego:

$$E = m\left(\frac{c^2}{2} + gH + \frac{P}{\rho}\right)[J]$$

gdzie:
m – masa wody, przy czym $m = \rho V$ [kg],
V – objętość przepływającej wody [m^3],
c – prędkość wody [m/s],
g – przyspieszenie ziemskie [m/s^2],
H – wysokość położenia cieku w danym punkcie [m],
P – ciśnienie [Pa],
ρ – gęstość wody [kg/m^3].

Uwzględniając fakt, iż w trakcie przepływu, część energii jest bezpowrotnie tracona wskutek pokonywania oporów ruchu w korycie (m.in. tarcie), **teoretyczna energia** zawarta w wodzie płynącej między dwoma dowolnymi punktami A i B koryta cieku określona jest zależnością:

$$E = m\left[\frac{c_A^2 - c_B^2}{2} + g(H_A - H_B) + \frac{P_A - P_B}{\rho}\right] - E_{str}\ [J]$$

gdzie:
E_{str} – strata energii na pokonanie oporów przepływu [J].

Technicznemu wykorzystaniu może ulec tylko część energii potencjalnej i kinetycznej płynącej wody, tj. ich różnica między wartościami obliczeniowymi w punktach A i B. Przy czym należy zaznaczyć, iż największe znaczenie ma tutaj energia potencjalna wody, gdyż energia kinetyczna uzyskuje zbliżone wartości w obu rozpatrywanych punktach.

W efekcie **teoretyczna moc** wytwarzana w elektrowni wodnej wykorzystującej energię cieku pomiędzy jej przekrojami w punktach A i B zależy od wysokości spadku wody (H) oraz wielkości przepływu średniego z wielolecia (Q):

$$P = g \cdot \rho \cdot H \cdot Q \ [W]$$

Zakładając, że g = 9,81 m/s^2 i ρ = 1000 kg/m^3, wór na moc przyjmuje postać:

$$P = 9{,}81 \cdot H \cdot Q \ [kW]$$

3.1 Metody szacowania zasobów energii wód powierzchniowych

Zasoby energii wodnej można oszacować jako zasoby teoretycznie i technicznie możliwe do wykorzystania.

Potencjał teoretyczny jest rozumiany jako taki, który jest ogólnie dostępny bez uwzględnienia technicznej możliwości jego pozyskania, ograniczeń środowiskowych i/lub ekonomicznych. W określonych warunkach potencjał teoretyczny jest równy całkowitej energii, która może być pozyskana bez uwzględnienia ograniczeń geograficznych i technicznych (Izadyar i in., 2016). Potencjał teoretyczny (A_{teor}) jest najczęściej definiowany jako potencjał surowy (brutto) równy sumie energii możliwej do pozyskania dla danego odcinka rzeki w ciągu jednego roku (Operacz i Grahl-Madsen, 2018):

$$A_{teor} = 8\,760 \ \cdot P \ [kWh]$$

$$A_{teor} = 8\,760 \ \cdot 9{,}81 \cdot H \cdot Q \ [kWh]$$

Ponieważ nie ma możliwości pozyskania całej teoretycznie dostępnej energii, wyznacza się **potencjał techniczny** (netto), który rozumiany jest jako potencjał możliwy do pozyskania w wyniku realizacji wszystkich budowli piętrzących i elektrowni, gdy ich budowa jest technicznie możliwa (Operacz, 2017). Zasadniczo zakłada się, że realizacja zapór i elektrowni byłaby technicznie możliwa nawet w miejscach, gdzie aktualnie nie ma budowli hydrotechnicznych. Potencjał techniczny jest co do wartości znacznie mniejszy od zasobów teoretycznych. Wynika to z wielu ograniczeń i strat, z których najważniejsze to (Operacz, 2017):

- nierównomierność przepływów naturalnych w czasie (konieczność uwzględnienia okresów powodziowych, kiedy należy ograniczyć piętrzenie oraz okresów, kiedy przepływ jest zbyt mały, aby uruchomić turbiny);
- naturalna zmienność spadów;
- sprawność stosowanych urządzeń;
- bezzwrotne pobory wody dla celów nieenergetycznych;
- konieczność zapewnienia minimalnego przepływu wody (przepływ nienaruszalny lub biologiczny) w korycie rzeki poza elektrownią (czynnik o znaczącym wpływie na środowisko, który jest ponad kryteriami ekonomicznymi).

Potencjał techniczny (A_{tech}) można wyznaczyć (przyjmując szereg założeń wynikających z powyższych ograniczeń) za pomocą wzoru (Operacz i Grahl-Madsen, 2018):

$$A_{tech} = 6\,720 \cdot P_t\ [kWh]$$

$$A_{tech} = 6\,720 \cdot 9{,}81 \cdot Q_d \cdot H \cdot 0{,}8\ [kWh]$$

gdzie:
$6\,720$ – liczba godzin równa 280 dniom pracy potencjalnej elektrowni [h],
Q_d – wielkość dostępnego przepływu z uwzględnieniem przepływu nienaruszalnego [m^3/s],
$0{,}8$ – sprawność elektrowni równa 80%.

3.2 Uwarunkowania hydrotechniczne i środowiskowe małopolski

W regionie wodnym Górnej Wisły zakłada się możliwość produkcji energii tylko w istniejących zaporach oraz w miejscach, gdzie były one zlokalizowane w przeszłości i zachowały się przynajmniej części infrastruktury (Operacz i Grahl-Madsen, 2018). Zgodnie z Art. 8.1 Uchwały nr 4/2014 Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej planowane korzystanie z wód musi uwzględniać wymogi ciągłości morfologicznej – nie oznacza to bezpośrednio zakazu wykonywania nowych budowli hydrotechnicznych przecinających koryta rzeczne, jednak w praktyce budowa nowego jazu wyłącznie dla celów energetycznych jest wysoce utrudniona (Operacz, 2017). W tym celu konieczne jest dokładne rozpoznanie i inwentaryzacja istniejących budowli hydrotechnicznych. Niestety brak jest kompleksowej (i publicznie dostępnej) dokumentacji w tym zakresie dla regionu wodnego Górnej Wisły. Istniejące elektrownie prezentowane są w portalu mapowym RZGW w Krakowie, natomiast perspektywiczne lokalizacje pod budowę nowych elektrowni mogą zostać wytypowane w ramach projektu Restor-Hydro (www.trmew.pl; https://restor.eref-europe.org/).

W celu wybrania lokalizacji o wysokim prawdopodobieństwie realizacji budowy elektrowni wodnej konieczne jest przeprowadzenie analizy środowiskowej w odniesieniu do występowania obszarów chronionych w tym europejskiej sieci Natura 2000. Potencjalne lokalizacje elektrowni w Polsce mogą być wyznaczane na obszarach objętych ochroną narodową (parki narodowe, parki krajobrazowe, rezerwaty przyrody) lub na obszarach objętych ochroną w ramach sieci Natura 2000. Przedsięwzięcie takie wiąże się jednak z ryzykiem nieuzyskania pozytywnej decyzji środowiskowej, w zależności od głównego celu ochrony i zakazów obowiązujących na tych obszarach. Realizacja projektów hydrotechnicznych w rezerwatach przyrody jest niemożliwa (Operacz i Grahl-Madsen, 2018). Podsumowując, wszystkie potencjalne lokalizacje elektrowni wodnych powinny zostać sprawdzone pod kątem ewentualnej kolizji z celami ochrony przyrody.

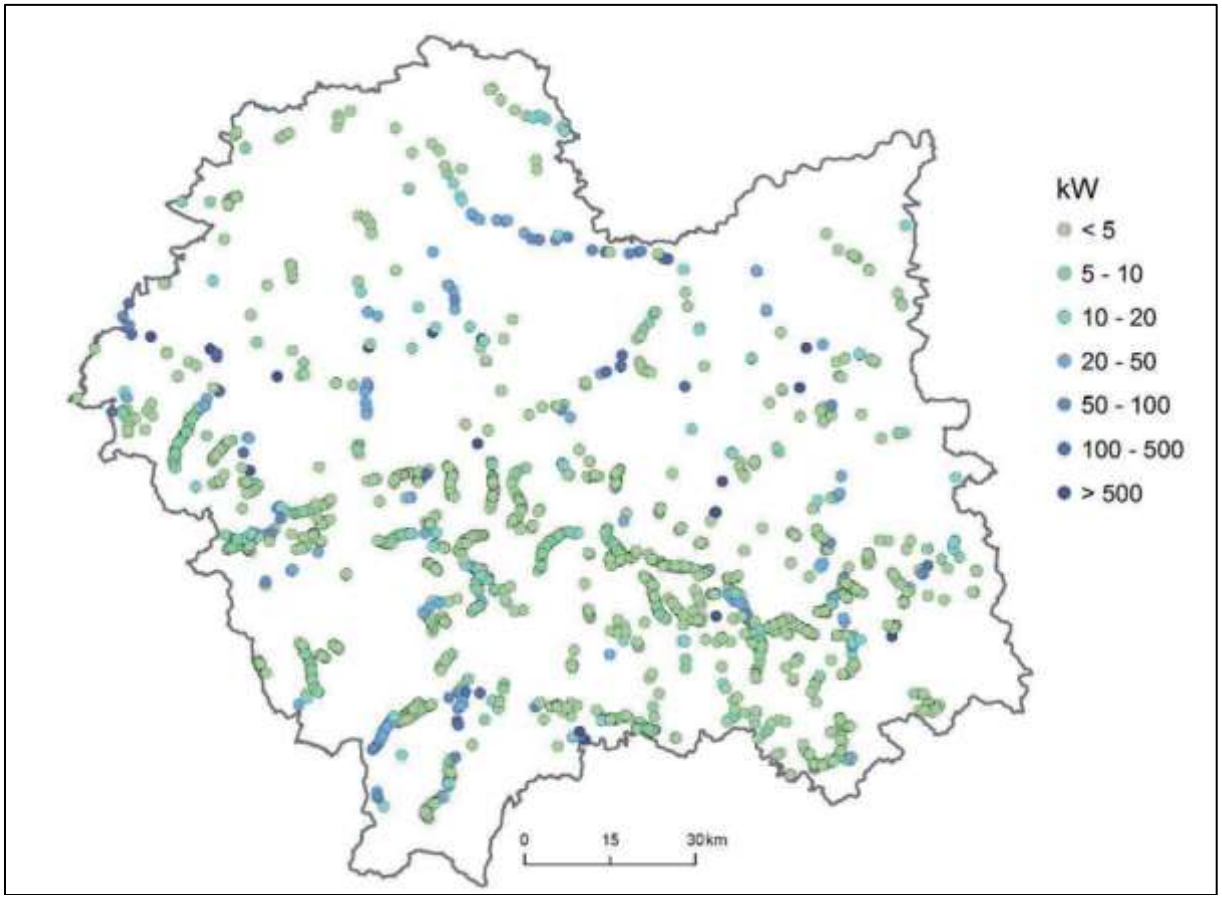
Aktualnie w województwie małopolskim funkcjonuje 46 elektrowni wodnych, o łącznej mocy zainstalowanej 179,19 MW, która pozwala na wytworzenie 1 900 TJ/rok energii elektrycznej, co stanowi ok. 78% ilości energii elektrycznej wytworzonej z OZE w województwie (RPD, 2020).

Przydatną identyfikację spiętrzeń, które można wykorzystać dla potrzeb rozwoju energetyki wodnej w Małopolsce dostarcza praca Iglińskiego (2019), w której zaprezentowano pozyskane z Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej dane uwzględniające: lokalizację obiektów, rodzaj budowli piętrzącej, spad (m), przepływ (m^3/s). Zidentyfikowano budowle piętrzące, stanowiące rodzaj budowli hydrotechnicznych (np. jazy) umożliwiające stałe lub okresowe piętrzenie wody dla potrzeb pozyskania energii elektrycznej. Na tej podstawie ustalono, iż w województwie małopolskim liczba istniejących piętrzeń wynosi:

- 1517 - na których można postawić MEW o mocy poniżej 5 kW,

- 462 - na których można postawić MEW o mocy 5–10 kW,
- 195 - na których można postawić MEW o mocy 10–20 kW,
- 131 - na których można postawić MEW o mocy 20–50 kW,
- 48 - na których można postawić MEW o mocy 50–100 kW,
- 35 - na których można postawić MEW o mocy 100–500 kW,
- 4 - na których można postawić MEW o mocy powyżej 500 kW.

Lokalizację przywołanych miejsc przedstawiono na rysunku 3.1. Szacuje się, że łączna teoretyczna moc elektryczna wszystkich piętrzeń wynosi 100 MW. Zakładając, że technicznie możliwe jest wykorzystanie 25% mocy teoretycznej, wówczas dostępna technicznie moc elektryczna wyniesie 25 MW. W obliczeniach tych przyjęto, że z pełną mocą elektrownia będzie pracować 6 000 h/rok, tj. 21 600 000 s/rok.



Rysunek 3.1 Położenie istniejących piętrzeń na ciekach województwa małopolskiego, wraz z oszacowaniem mocy elektrowni wodnych (wg Igliński, 2019)

Poza omówionym potencjałem, na podstawie raportu URE (2022), w tabeli 3.1. zaprezentowano wykaz wytwórców w małych instalacjach. Małe instalacje OZE korzystają z preferencji związanych z ułatwieniem formalności związanych z ich uruchomieniem. Ich uruchomienie nie wymaga uzyskania koncesji. Wymagany jest tylko wpis do prowadzonego przez Prezesa URE rejestru wytwórców w małej instalacji. Instalacje takie korzystają ponadto

z systemu świadectw pochodzenia bądź objęte są systemami wsparcia w postaci stałych taryf gwarantowanych (feed-in-tariff, FIT) lub systemem dopłat do ceny rynkowej (feed-in premium, FIP). Część z nich korzysta również z aukcyjnego systemu wsparcia (URE 2022).

Zgodnie z ustawą OZE, do 30 października 2021 r. do małych instalacji OZE kwalifikowane były instalacje o łącznej mocy zainstalowanej elektrycznej większej niż 50 kW i mniejszej niż 500 kW. Natomiast wejście w życie ustawy zmieniającej rozszerzyło zbiór małych instalacji dwukrotnie zwiększając ich maksymalną moc zainstalowaną do mocy nie większej niż 1 MW.

Tabela 3.1 Wykaz wytwórców energii elektrycznej w hydroelektrowniach zaliczanych do małej instalacji (URE 2022 z uzupełnieniami)

Oznaczenie wytwórcy	Adres siedziby	**Lokalizacja elektrowni**	**Moc zainstalowana [MW]**	**Data rozpoczęcia działalności**
Małe Elektrownie Wodne R. Włodarczyk i Wspólnicy Sp.j.	ul. Poznańska 29, Bydgoszcz	małopolskie Myślenice	0,220	16.07.2012
Schronisko Górskie na Polanie Chochołowskiej PTTK S.C. Józef Krzeptowski, Maria Krzeptowska, Irena Gąsienica-Roj	Witów	Dolina Chochołowska	0,08	15.02.2005
Mała Elektrownia Wodna Zakopane-Ustup S.C. Janusz, Adam Bachleda-Księdzularz	ul. Ustup 5C, Zakopane	Zakopane	0,145	15.11.2004
Mała Elektrownia Wodna Zakopane Jaszczurówka Janusz Bachleda-Księdzularz	ul. Ustup 5C, Zakopane	Zakopane	0,235	01.04.2004
Andrzej Kułach "Transtrakmew"	Witów 207A, Witów	Witów	0,12	01.04.2004
Mała Elektrownia Wodna Biskupice S.C. Sylwia Kwiecień, Józef Kwiecień	ul. Królowej Jadwigi 228, Kraków	Biskupice	0,055	01.04.2004
Wod-Elektron Stożek, Kajak Sp.j.	Kasinka Mała 295, Kasinka Mała	Podobin	0,075	25.07.2006
Zielona Energia sp. z o.o.	ul. Wolności 8, Będzin	Bukowno	0,068	09.01.205
Młyn i Elektrownia Wodna w Osieku k/ Oświęcimia Stasiewicz Sp.j.	ul. Wełniana 15A, Warszawa	Osiek	0,065	12.04.2011
Mała Elektrownia Wodna S.C. Marek Kurzeja i Tadeusz Kurzeja	Zabrzeż 27, Zabrzeż	Zabrzeż	0,075	01.04.2004
Tauron Ekoenergia Sp. z o.o.		Zakopane	0,264	26.11.2010

	ul. Obrońców Pokoju 2B, Jelenia Góra		0,320	26.11.2010
Dżoan sp. z o.o.	ul. Tartakowa 23/29, Częstochowa	Koniówka	0,180	01.04.2017
		Podczerwone	0,160	01.04.2017
Gmina Nowy Targ	ul. Bulwarowa 9, Nowy Targ	Waksmund	0,320	04.12.2004
"Eko-Elektro Energia Faltyn" Sp.j.	Os. Jurkowski Potok 29, Ochotnica Górna	Nowa Biała	0,265	02.10.2012
Małe Elektrownie Wodne S.C. Małgorzata Bachleda – Księdzularz, Marzena Bachleda – Księdzularz, Mateusz Rzadkosz, Mieczysław Rzadkosz	ul. Szaflarska 64, Nowy Targ	Szaflary	0,450	26.07.2010
Elektrownia Wodna Józef Stachoń-Tutoń	ul. Tadeusza Brzozowskiego 7, Zakopane	Szaflary	0,375	23.02.2011
"Element" Zbigniew Mierczak	Osiedle Huty 24, Szklarska Poręba	Koszyce	0,11	05.09.2018
Energetyka Kujawy Sp. z o.o. OZE Sp.k.	ul. Rzeczna 4, Izdebnik	Włostowice	0,11	14.09.2010
Eko - Energia Mała Elektrownia Wodna Sp. z o.o. Sp. k.	Składowa 1b, Nowy Targ	Zabrzeż	0,498	21.04.2021
CEZ Skawina S.A.	ul. Piłsudskiego 10, Skawina	Borek Szlachecki	0,76	06.05.2013
		Skawina	0,92	03.12.2020
Zespół Elektrowni Wodnych Niedzica S.A.	ul. Widokowa 1 Niedzica	Niedzica	0,306	15.01.2022
Zgromadzenie Księży Misjonarzy Św. Wincentego a Paulo, Zakopane-Olcza	ul. Piszczory 13, 34-502 Zakopane-Olcza	Zakopane-Olcza	0,155	03.03.2022
Ecaster Polska spółka z o.o., Rudnik	ul. Słoneczna 430, Rudnik, 32-440 Sułkowice	Sułkowice	0,09	24.11.2022

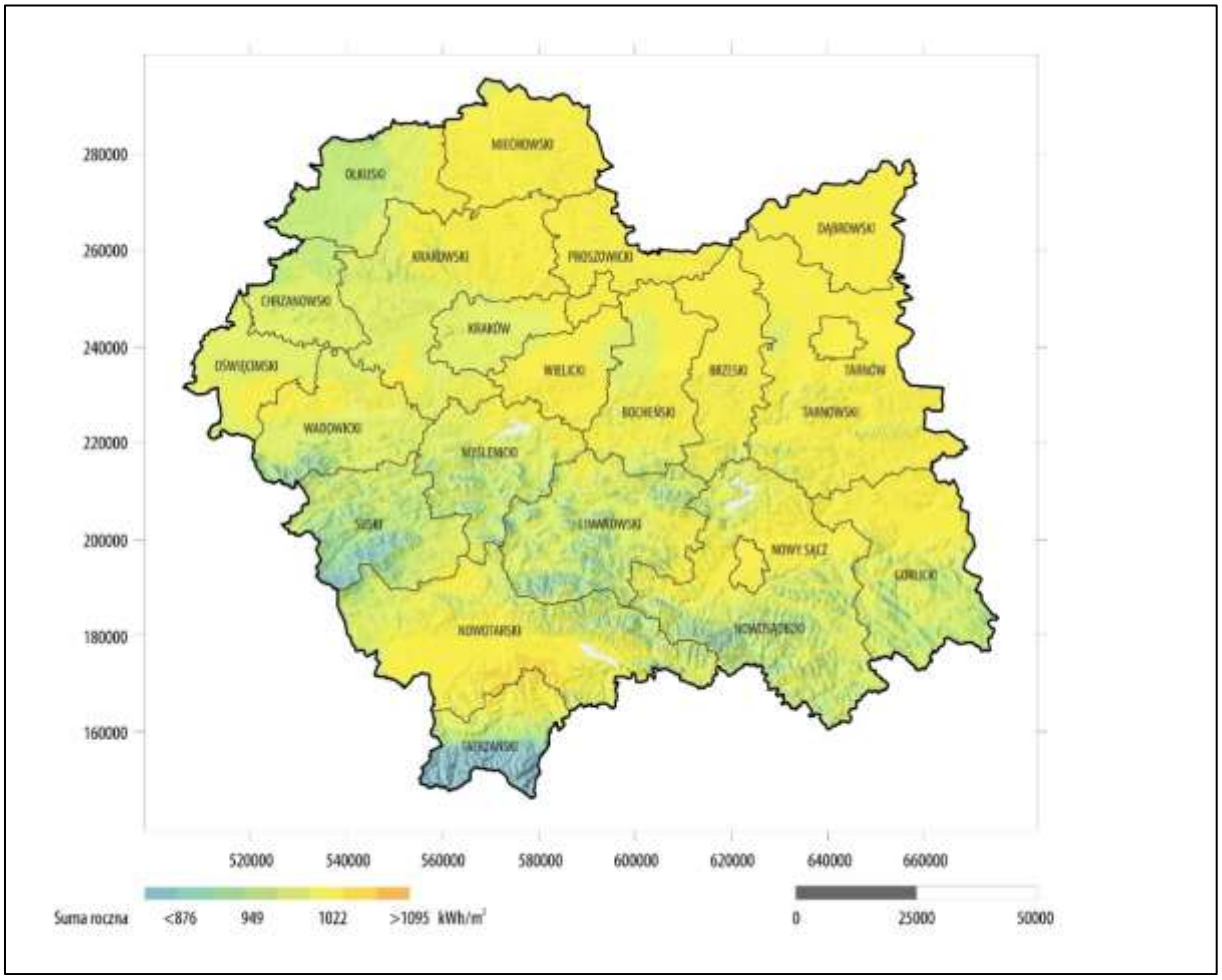
4. Energetyka słoneczna

Potencjał wykorzystania energetyki słonecznej w województwie małopolskim oszacowany został dla dwóch technologii, którymi są instalacje fotowoltaiczne oraz instalacje kolektorów słonecznych. Dane odniesione zostały do potencjału całego województwa małopolskiego, a także w odniesieniu do poszczególnych powiatów.

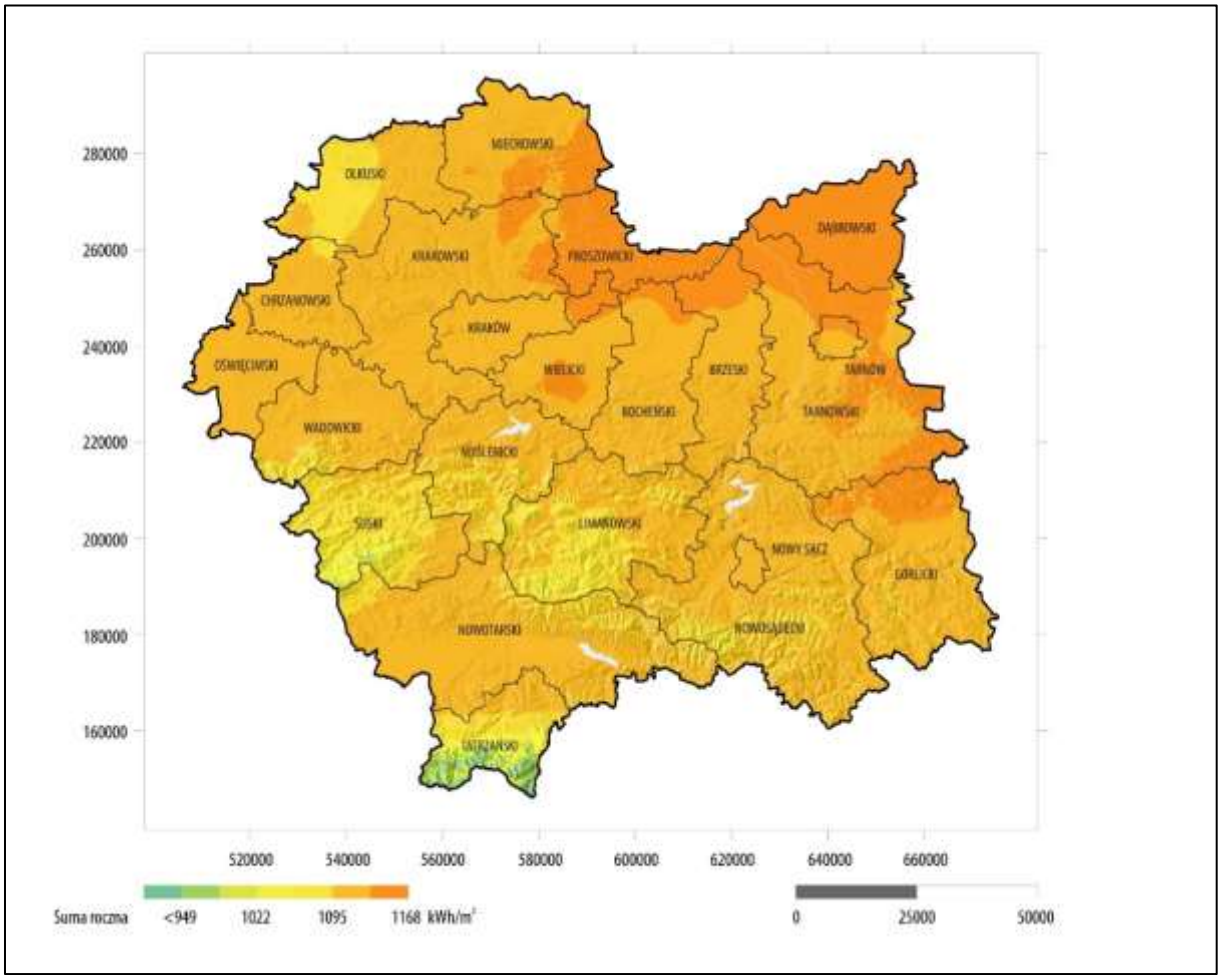
4.1 Instalacje fotowoltaiczne

W przypadku instalacji fotowoltaicznych (PV), ich potencjał oszacowany został przede wszystkim w oparciu o dane przez Bank Światowy, w ramach Global Solar Atlas (www.globalsolaratlas.info). Wykorzystano dane dotyczące bezpośredniego promieniowania słonecznego na powierzchnię terenu, bezpośredniego promieniowania słonecznego na powierzchnię poziomą oraz obliczonych na ich podstawie potencjalnych uzysków energetycznych z 1 kWp zainstalowanej mocy. Dane te przedstawiono w odniesieniu do jednostek terytorialnych (powiatów) województwa małopolskiego na rysunkach 4.1–4.3.

Wszystkie dane zawarte w Global Solar Atlas w postaci map, zostały opracowane przy wykorzystaniu oprogramowania Solargis. Mapa bezpośredniego normalnego promieniowania słonecznego i mapa bezpośredniego promieniowania słonecznego na powierzchnię poziomą zawierają podsumowanie szacowanej energii słonecznej dostępnej do wytwarzania energii i innych zastosowań energetycznych. Przedstawiają one średnie roczne sumy promieniowania obejmujące okres ostatnich 25 lat (1994-2018). Wykorzystano do tego celu dane satelitarne z 15 i 30-minutowymi krokami czasowymi. Wpływ ukształtowania terenu uwzględniono w tych przypadkach przy nominalnej rozdzielczości przestrzennej 250 m.



Rysunek 4.1 Mapa bezpośredniego promieniowania słonecznego na powierzchnię terenu

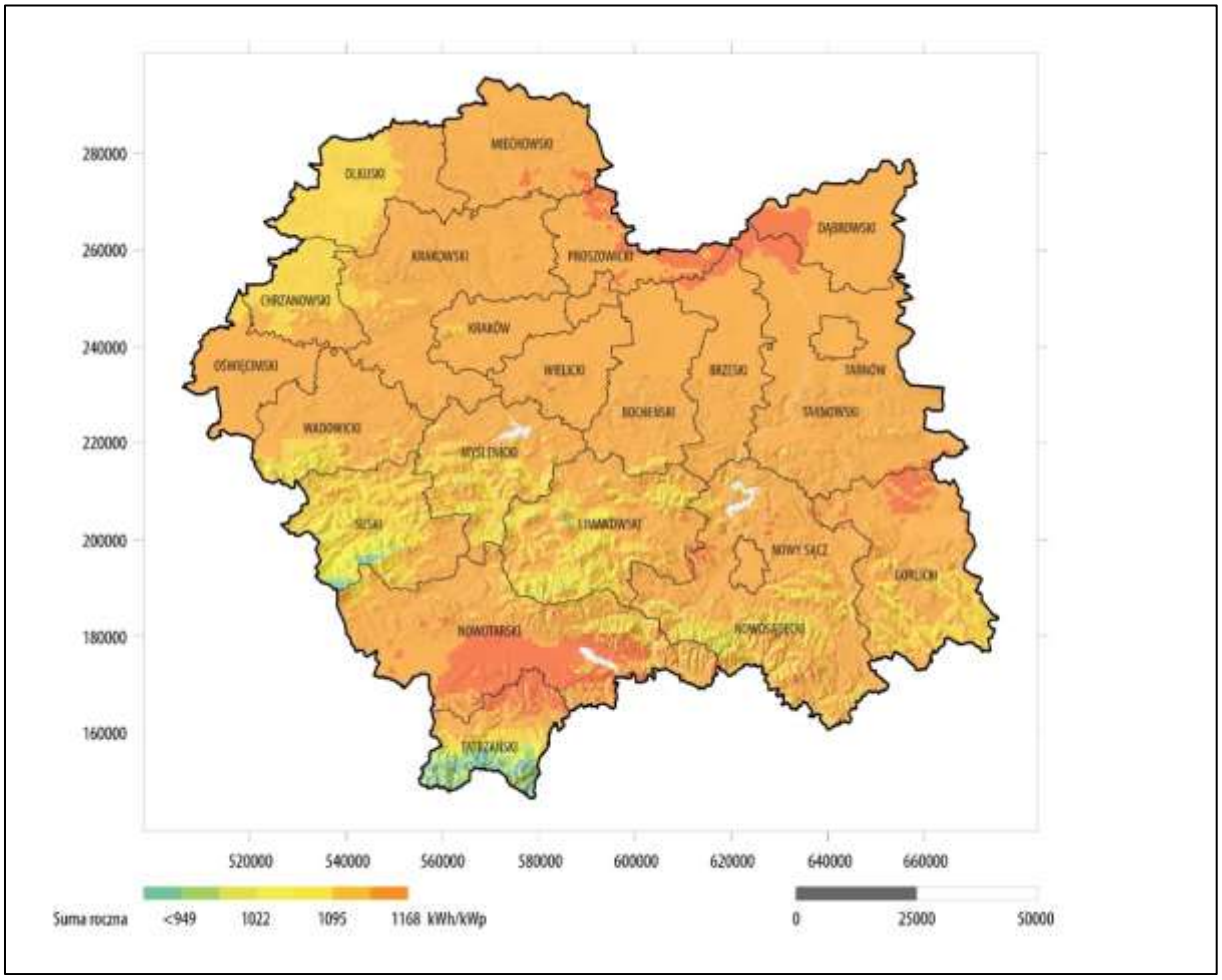


Rysunek 4.2 Mapa promieniowania słonecznego na powierzchnię poziomą w województwie małopolskim

W przypadku mapy obrazującej potencjał możliwej do uzyskania ilości energii z kWp zainstalowanej mocy przedstawiono średnie roczne sumy produkcji energii elektrycznej z elektrowni fotowoltaicznej o mocy szczytowej 1 kW podłączonej do sieci fotowoltaicznej. Podobnie jak poprzednie dwie mapy, obliczone zostały one za okres ostatnich 25 lat (1994–2018).

W metodzie obliczeniowej Global Solar Atlas konfiguracja systemu fotowoltaicznego składa się z naziemnych, wolnostojących konstrukcji z krystaliczno-krzemowymi modułami fotowoltaicznymi zamontowanymi w stałej pozycji, z optymalnym nachyleniem, aby zmaksymalizować roczną efektywność produkcji energii elektrycznej. Założono zastosowanie falowników o wysokiej sprawności (98%). Obliczenia uwzględniają promieniowanie słoneczne, temperaturę powietrza i ukształtowanie terenu, aby symulować konwersję energii i straty w modułach fotowoltaicznych i innych komponentach elektrowni fotowoltaicznej.

W symulacji, straty spowodowane zabrudzeniem przyjęto na 3,5%. Założono, że skumulowany efekt innych strat konwersji (zacienienie – 3,5% straty międzyrzędowe – 2%, niedopasowanie – 0,3%, falowniki – 0,9%, kable – 0,5%, transformatory itp. – 0,3%) wynosi 7,5%. Dyspozycyjność elektrowni oceniona została na 100%. Podstawowa baza danych zasobów słonecznych była obliczana na podstawie danych atmosferycznych i satelitarnych z 15 i 30-minutowym krokiem czasowym oraz rozdzielczością przestrzenną 1000 m.



Rysunek 4.3 Mapa potencjalnych uzysków energetycznych wyrażonych w kWh/kWp dla województwa małopolskiego

W związku z powyższymi założeniami, kolejnym krokiem prowadzącym do oszacowania potencjału instalacji fotowoltaicznych było przyjęcie kilku założeń. Punktem odniesienia dla zasymulowania powierzchni dachu dostępnej dla instalacji fotowoltaicznej były wartości 20 i 5% powierzchni zabudowy. Wartość ta została przypisana w zależności od grupy analizowanych budynków i wynikała z kilku aspektów, takich jak sama dostępność powierzchni dachu, jego orientacja względem stron świata i kąt nachylenia czy przeznaczenie obiektu. Przede wszystkim jednak, powiązane było to ze wzięciem pod uwagę jak punkt bazowy w obliczeniach, wartości optymalnych z punktu widzenia produkcji energii elektrycznej z kWp mocy instalacji fotowoltaicznej, co opisano powyżej. Dane dotyczące sumarycznej powierzchni zabudowy budynków w województwie małopolskim z podziałem na powiaty oraz grupy budynków opracowano na podstawie Bazy Danych Obiektów Topograficznych – BDOT10k oraz Państwowego Rejestru Granic i Powierzchni Jednostek Podziałów Terytorialnych Kraju 2 – Jednostki Administracyjny – Format Shapefile (SHP) (www.dane.gov.pl). Dodatkowym założeniem było przyjęcie powierzchni instalacji fotowoltaicznej pozwalającej na uzyskanie mocy 1 kWp. Na podstawie analizy oferty paneli fotowoltaicznych dostępnych na polskim rynku (ich mocy oraz wymiarów) przyjęto powierzchnię jako 5 m^2.

Poprawność uzyskanych wyników, zaprezentowanych w dalszej części opracowania, została zweryfikowana na podstawie instalacji fotowoltaicznej działającej w miejscowości Zabierzów, na dachu budynku jednorodzinnego, o mocy 6,19 kWp. Kąt nachylenia instalacji to

41°, z orientacją na południe. Instalacja wyprodukowała w 2022 ok 6 500 kWh, co daje wartość 1 050 kWh z 1 kWp zainstalowanej mocy. Jest to wartość bliska wartości średniej dla powiatu krakowskiego, która wynosi ok 1 088 kWh.

Całkowita powierzchnia zabudowy, dla wszystkich typów budynków w województwie wynosi ok. 184 533 749 m^2. Podzielone zostały one na trzy kategorie:

1. Budynki perspektywiczne – 20% powierzchni zabudowy
    - budynki jednorodzinne
    - budynków o dwóch mieszkaniach
    - budynków o trzech i więcej mieszkaniach
    - zamieszkania zbiorowego
    - hotele
    - biurowe
    - handlowo-usługowe
    - przemysłowe
    - szpitale i zakłady opieki medycznej
    - obiekty kulturalne
    - kultury fizycznej
    - szkół i instytucji badawczych
    - muzeów i bibliotek
    - gospodarstwa rolnego
2. Budynki mało perspektywiczne – 5% powierzchni zabudowy
    - zakwaterowania turystycznego (pozostałe)
    - kultu religijnego
    - łączności, dworców i terminali
    - garaże
    - budynki niemieszkalne
    - silosy i budynki magazynowe
3. Brak potencjału – kwestie formalno-prawne

- zabytkowe

Przy przyjętych założeniach, sumaryczna wartość mocy w województwie małopolskim oszacowana została na 7 929 MWp, a możliwej do wyprodukowania energii na 8 588 311 MWh. Szczegółowe wyniki dla poszczególnych powiatów przedstawiono w tabelach 4.1–4.22.

Tabela 4.1 Wyniki obliczeń dla powiatu bocheńskiego

Grupa budynków	**Powierzchnia zabudowy**	**Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu**	**Obliczona potencjalna moc**	**Obliczona potencjalna ilość energii**
	m^2	m^2	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	3 276 984	655 397	131,08	143 008

budynki o dwóch mieszkania	62 864	12 573	2,51	2 743
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	108 070	21 614	4,32	4 716
zamieszkania zbiorowego	26 600	5 320	1,06	1 161
hotele	32 026	6 405	1,28	1 398
biurowe	91 559	18 312	3,66	3 996
handlowo-usługowe	186 282	37 256	7,45	8 129
przemysłowe	390 904	78 181	15,64	17 059
szpitale i zakłady opieki medycznej	18 171	3 634	0,73	793
obiekty kulturalne	9 684	1 937	0,39	423
kultury fizycznej	7 734	1 547	0,31	338
szkół i instytucji badawczych	105 062	21 012	4,20	4 585
muzeów i bibliotek	9 201	1 840	0,37	402
gospodarstwa rolnego	2 973 623	594 725	118,94	129 769
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	2 192	1 096	0,22	239
kultu religijnego	30 725	15 363	3,07	3 352
łączności, dworców i terminali	808	404	0,08	88
garaże	31 520	15 760	3,15	3 439
budynki niemieszkalne	9 767	4 883	0,98	1 066
silosy i budynki magazynowe	158 907	79 453	15,89	17 337
Brak możliwości				
zabytkowe	0	0	0,00	0
SUMA	**7 532 684**	**1 576 712**	**315,34**	**344 039**

Tabela 4.2 Wyniki obliczeń dla powiatu brzeskiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	2 821 091	564 218	112,84	124 015
budynki o dwóch mieszkania	36 897	7 379	1,48	1 622
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	62 846	12 569	2,51	2 763
zamieszkania zbiorowego	22 424	4 485	0,90	986
hotele	26 959	5 392	1,08	1 185
biurowe	68 743	13 749	2,75	3 022
handlowo-usługowe	114 573	22 915	4,58	5 037
przemysłowe	240 369	48 074	9,61	10 567
szpitale i zakłady opieki medycznej	13 000	2 600	0,52	571
obiekty kulturalne	7 460	1 492	0,30	328
kultury fizycznej	11 031	2 206	0,44	485
szkół i instytucji badawczych	83 335	16 667	3,33	3 663
muzeów i bibliotek	3 588	718	0,14	158
gospodarstwa rolnego	2 628 062	525 612	105,12	115 530
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	4 766	2 383	0,48	524
kultu religijnego	29 690	14 845	2,97	3 263
łączności, dworców i terminali	2 029	1 015	0,20	223
garaże	23 511	11 755	2,35	2 584
budynki niemieszkalne	5 137	2 568	0,51	565
silosy i budynki magazynowe	162 598	81 299	16,26	17 870
Brak możliwości				
zabytkowe	350	0	0,00	0
SUMA	**6 368 459**	**1 341 941**	**268,39**	**294 959**

Tabela 4.3 Wyniki obliczeń dla powiatu chrzanowskiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	2 627 062	525 412	105,08	109 706
budynki o dwóch mieszkania	220 407	44 081	8,82	9 204
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	316 135	63 227	12,65	13 202
zamieszkania zbiorowego	19 733	3 947	0,79	824
hotele	17 832	3 566	0,71	745
biurowe	116 939	23 388	4,68	4 883
handlowo-usługowe	209 478	41 896	8,38	8 748
przemysłowe	588 935	117 787	23,56	24 594
szpitale i zakłady opieki medycznej	30 477	6 095	1,22	1 273
obiekty kulturalne	12 931	2 586	0,52	540
kultury fizycznej	9 726	1 945	0,39	406
szkół i instytucji badawczych	97 655	19 531	3,91	4 078
muzeów i bibliotek	10 298	2 060	0,41	430
gospodarstwa rolnego	964 990	192 998	38,60	40 298
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	4 279	2 140	0,43	447
kultu religijnego	27 764	13 882	2,78	2 899
łączności, dworców i terminali	4 487	2 243	0,45	468
garaże	82 289	41 145	8,23	8 591
budynki niemieszkalne	12 754	6 377	1,28	1 332
silosy i budynki magazynowe	202 047	101 024	20,20	21 094
Brak możliwości				
zabytkowe	856	0	0,00	0
SUMA	**5 577 075**	**1 215 330**	**243,07**	**253 761**

Tabela 4.4 Wyniki obliczeń dla powiatu dąbrowskiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	1 803 482	360 696	72,14	80 075
budynki o dwóch mieszkania	14 302	2 860	0,57	635
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	40 499	8 100	1,62	1 798
zamieszkania zbiorowego	12 517	2 503	0,50	556
hotele	7 340	1 468	0,29	326
biurowe	45 185	9 037	1,81	2 006
handlowo-usługowe	79 486	15 897	3,18	3 529
przemysłowe	86 333	17 267	3,45	3 833
szpitale i zakłady opieki medycznej	11 059	2 212	0,44	491
obiekty kulturalne	7 336	1 467	0,29	326
kultury fizycznej	7 443	1 489	0,30	330
szkół i instytucji badawczych	53 595	10 719	2,14	2 380
muzeów i bibliotek	3 312	662	0,13	147
gospodarstwa rolnego	2 687 450	537 490	107,50	119 323
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	411	205	0,04	46
kultu religijnego	21 113	10 556	2,11	2 344
łączności, dworców i terminali	0	0	0,00	0
garaże	15 247	7 624	1,52	1 692
budynki niemieszkalne	3 624	1 812	0,36	402
silosy i budynki magazynowe	86 131	43 065	8,61	9 560
Brak możliwości				
zabytkowe	0	0	0,00	0
SUMA	**4 985 864**	**1 035 131**	**207,03**	**229 799**

Tabela 4.5 Wyniki obliczeń dla powiatu gorlickiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	3 113 303	622 661	124,53	135 491
budynki o dwóch mieszkania	185	37	0,01	8
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	142 231	28 446	5,69	6 190
zamieszkania zbiorowego	27 085	5 417	1,08	1 179
hotele	41 582	8 316	1,66	1 810
biurowe	102 444	20 489	4,10	4 458
handlowo-usługowe	156 954	31 391	6,28	6 831
przemysłowe	310 603	62 121	12,42	13 517
szpitale i zakłady opieki medycznej	28 648	5 730	1,15	1 247
obiekty kulturalne	10 435	2 087	0,42	454
kultury fizycznej	8 124	1 625	0,32	354
szkół i instytucji badawczych	101 428	20 286	4,06	4 414
muzeów i bibliotek	3 628	726	0,15	158
gospodarstwa rolnego	2 438 452	487 690	97,54	106 121
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	8 716	4 358	0,87	948
kultu religijnego	42 100	21 050	4,21	4 580
łączności, dworców i terminali	2 389	1 195	0,24	260
garaże	34 336	17 168	3,43	3 736
budynki niemieszkalne	9 356	4 678	0,94	1 018
silosy i budynki magazynowe	162 123	81 062	16,21	17 639
Brak możliwości				
zabytkowe	1 421	0	0,00	0
SUMA	**6 745 544**	**1 426 531**	**285,31**	**310 413**

Tabela 4.6 Wyniki obliczeń dla powiatu krakowskiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	9 831 990	1 966 398	393,28	427 888
budynki o dwóch mieszkania	459 281	91 856	18,37	19 988
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	222 986	44 597	8,92	9 704
zamieszkania zbiorowego	71 665	14 333	2,87	3 119
hotele	90 493	18 099	3,62	3 938
biurowe	420 642	84 128	16,83	18 306
handlowo-usługowe	433 465	86 693	17,34	18 864
przemysłowe	772 791	154 558	30,91	33 632
szpitale i zakłady opieki medycznej	34 950	6 990	1,40	1 521
obiekty kulturalne	10 762	2 152	0,43	468
kultury fizycznej	40 696	8 139	1,63	1 771
szkół i instytucji badawczych	219 393	43 879	8,78	9 548
muzeów i bibliotek	7 864	1 573	0,31	342
gospodarstwa rolnego	5 994 884	1 198 977	239,80	260 897
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	8 755	4 378	0,88	953
kultu religijnego	52 683	26 341	5,27	5 732
łączności, dworców i terminali	26 913	13 457	2,69	2 928
garaże	47 296	23 648	4,73	5 146
budynki niemieszkalne	15 614	7 807	1,56	1 699
silosy i budynki magazynowe	811 051	405 525	81,11	88 242
Brak możliwości				
zabytkowe	13 727	0	0,00	0
SUMA	**19 587 900**	**4 203 528**	**840,71**	**914 688**

Tabela 4.7 Wyniki obliczeń dla powiatu Kraków

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	4 583 390	916 678	183,34	200 019
budynki o dwóch mieszkania	468 851	93 770	18,75	20 461
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	5 991 038	1 198 208	239,64	261 449
zamieszkania zbiorowego	353 814	70 763	14,15	15 440
hotele	269 359	53 872	10,77	11 755
biurowe	1 225 971	245 194	49,04	53 501
handlowo-usługowe	1 731 788	346 358	69,27	75 575
przemysłowe	2 208 748	441 750	88,35	96 390
szpitale i zakłady opieki medycznej	342 951	68 590	13,72	14 966
obiekty kulturalne	110 342	22 068	4,41	4 815
kultury fizycznej	141 796	28 359	5,67	6 188
szkół i instytucji badawczych	911 741	182 348	36,47	39 788
muzeów i bibliotek	102 126	20 425	4,09	4 457
gospodarstwa rolnego	1 781 103	356 221	71,24	77 727
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	15 854	7 927	1,59	1 730
kultu religijnego	133 836	66 918	13,38	14 601
łączności, dworców i terminali	79 941	39 971	7,99	8 722
garaże	537 690	268 845	53,77	58 662
budynki niemieszkalne	78 453	39 227	7,85	8 559
silosy i budynki magazynowe	1 176 104	588 052	117,61	128 313
Brak możliwości				
zabytkowe	21 925	0	0,00	0
SUMA	**22 266 822**	**5 055 543**	**1 011,11**	**1 103 119**

Tabela 4.8 Wyniki obliczeń dla powiatu limanowskiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	4 357 103	871 421	174,28	183 521
budynki o dwóch mieszkania	75 789	15 158	3,03	3 192
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	60 951	12 190	2,44	2 567
zamieszkania zbiorowego	28 470	5 694	1,14	1 199
hotele	51 955	10 391	2,08	2 188
biurowe	89 228	17 846	3,57	3 758
handlowo-usługowe	155 584	31 117	6,22	6 553
przemysłowe	296 319	59 264	11,85	12 481
szpitale i zakłady opieki medycznej	24 006	4 801	0,96	1 011
obiekty kulturalne	6 334	1 267	0,25	267
kultury fizycznej	16 195	3 239	0,65	682
szkół i instytucji badawczych	123 183	24 637	4,93	5 188
muzeów i bibliotek	5 448	1 090	0,22	229
gospodarstwa rolnego	3 171 876	634 375	126,88	133 599
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	18 585	9 293	1,86	1 957
kultu religijnego	40 313	20 156	4,03	4 245
łączności, dworców i terminali	2 790	1 395	0,28	294
garaże	16 600	8 300	1,66	1 748
budynki niemieszkalne	2 829	1 415	0,28	298
silosy i budynki magazynowe	117 150	58 575	11,72	12 336
Brak możliwości				
zabytkowe	281	0	0,00	0
SUMA	**8 660 990**	**1 791 622**	**358,32**	**377 316**

Tabela 4.9 Wyniki obliczeń dla powiatu miechowskiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	1 578 430	315 686	63,14	69 577
budynki o dwóch mieszkania	36 772	7 354	1,47	1 621
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	78 924	15 785	3,16	3 479
zamieszkania zbiorowego	13 547	2 709	0,54	597
hotele	13 540	2 708	0,54	597
biurowe	47 179	9 436	1,89	2 080
handlowo-usługowe	77 709	15 542	3,11	3 425
przemysłowe	59 578	11 916	2,38	2 626
szpitale i zakłady opieki medycznej	10 051	2 010	0,40	443
obiekty kulturalne	4 150	830	0,17	183
kultury fizycznej	6 975	1 395	0,28	307
szkół i instytucji badawczych	48 095	9 619	1,92	2 120
muzeów i bibliotek	1 554	311	0,06	69
gospodarstwa rolnego	2 921 554	584 311	116,86	128 782
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	0	0	0,00	0
kultu religijnego	12 587	6 294	1,26	1 387
łączności, dworców i terminali	3 372	1 686	0,34	372
garaże	12 765	6 383	1,28	1 407
budynki niemieszkalne	5 536	2 768	0,55	610
silosy i budynki magazynowe	67 379	33 689	6,74	7 425
Brak możliwości				
zabytkowe	814	0	0,00	0
SUMA	**5 000 513**	**1 030 432**	**206,09**	**227 107**

Tabela 4.10 Wyniki obliczeń dla powiatu myślenickiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	3 940 917	788 183	157,64	165 834
budynki o dwóch mieszkania	111 124	22 225	4,44	4 676
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	65 245	13 049	2,61	2 746
zamieszkania zbiorowego	27 864	5 573	1,11	1 173
hotele	45 014	9 003	1,80	1 894
biurowe	91 892	18 378	3,68	3 867
handlowo-usługowe	205 678	41 136	8,23	8 655
przemysłowe	413 496	82 699	16,54	17 400
szpitale i zakłady opieki medycznej	20 947	4 189	0,84	881
obiekty kulturalne	13 134	2 627	0,53	553
kultury fizycznej	12 390	2 478	0,50	521
szkół i instytucji badawczych	108 872	21 774	4,35	4 581
muzeów i bibliotek	4 317	863	0,17	182
gospodarstwa rolnego	2 228 033	445 607	89,12	93 756
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	5 229	2 615	0,52	550
kultu religijnego	30 767	15 384	3,08	3 237
łączności, dworców i terminali	1 405	702	0,14	148
garaże	10 341	5 170	1,03	1 088
budynki niemieszkalne	6 350	3 175	0,63	668
silosy i budynki magazynowe	245 848	122 924	24,58	25 863
Brak możliwości				
zabytkowe	785	0	0,00	0
SUMA	**7 589 647**	**1 607 754**	**321,55**	**338 271**

Tabela 4.11 Wyniki obliczeń dla powiatu nowosądeckiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	6 517 040	1 303 408	260,68	280 493
budynki o dwóch mieszkania	8 197	1 639	0,33	353
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	123 782	24 756	4,95	5 328
zamieszkania zbiorowego	43 090	8 618	1,72	1 855
hotele	137 300	27 460	5,49	5 909
biurowe	134 592	26 918	5,38	5 793
handlowo-usługowe	212 584	42 517	8,50	9 150
przemysłowe	456 653	91 331	18,27	19 654
szpitale i zakłady opieki medycznej	67 493	13 499	2,70	2 905
obiekty kulturalne	14 886	2 977	0,60	641
kultury fizycznej	25 618	5 124	1,02	1 103
szkół i instytucji badawczych	193 055	38 611	7,72	8 309
muzeów i bibliotek	7 379	1 476	0,30	318
gospodarstwa rolnego	4 079 644	815 929	163,19	175 588
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	99 695	49 848	9,97	10 727
kultu religijnego	74 094	37 047	7,41	7 973
łączności, dworców i terminali	10 512	5 256	1,05	1 131
garaże	33 786	16 893	3,38	3 635
budynki niemieszkalne	12 986	6 493	1,30	1 397
silosy i budynki magazynowe	190 535	95 267	19,05	20 502
Brak możliwości				
zabytkowe	1 190	0	0,00	0
SUMA	**12 444 111**	**2 615 067**	**523,01**	**562 762**

Tabela 4.12 Wyniki obliczeń dla powiatu nowotarskiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	5 111 583	1 022 317	204,46	226 954
budynki o dwóch mieszkania	88 772	17 754	3,55	3 941
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	178 003	35 601	7,12	7 903
zamieszkania zbiorowego	32 578	6 516	1,30	1 446
hotele	156 304	31 261	6,25	6 940
biurowe	156 505	31 301	6,26	6 949
handlowo-usługowe	367 519	73 504	14,70	16 318
przemysłowe	232 431	46 486	9,30	10 320
szpitale i zakłady opieki medycznej	55 257	11 051	2,21	2 453
obiekty kulturalne	14 087	2 817	0,56	625
kultury fizycznej	28 387	5 677	1,14	1 260
szkół i instytucji badawczych	144 035	28 807	5,76	6 395
muzeów i bibliotek	20 475	4 095	0,82	909
gospodarstwa rolnego	4 410 907	882 181	176,44	195 844
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	41 486	20 743	4,15	4 605
kultu religijnego	59 633	29 816	5,96	6 619
łączności, dworców i terminali	4 248	2 124	0,42	472
garaże	44 713	22 357	4,47	4 963
budynki niemieszkalne	15 040	7 520	1,50	1 669
silosy i budynki magazynowe	143 475	71 738	14,35	15 926
Brak możliwości				
zabytkowe	1 519	0	0,00	0
SUMA	**11 306 957**	**2 353 666**	**470,73**	**522 514**

Tabela 4.13 Wyniki obliczeń dla powiatu Nowy Sącz

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	1 262 154	252 431	50,49	55 282
budynki o dwóch mieszkania	61 759	12 352	2,47	2 705
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	331 894	66 379	13,28	14 537
zamieszkania zbiorowego	30 081	6 016	1,20	1 318
hotele	17 279	3 456	0,69	757
biurowe	181 965	36 393	7,28	7 970
handlowo-usługowe	341 160	68 232	13,65	14 943
przemysłowe	344 454	68 891	13,78	15 087
szpitale i zakłady opieki medycznej	24 831	4 966	0,99	1 088
obiekty kulturalne	5 370	1 074	0,21	235
kultury fizycznej	17 411	3 482	0,70	763
szkół i instytucji badawczych	81 233	16 247	3,25	3 558
muzeów i bibliotek	10 998	2 200	0,44	482
gospodarstwa rolnego	372 313	74 463	14,89	16 307
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	637	319	0,06	70
kultu religijnego	13 898	6 949	1,39	1 522
łączności, dworców i terminali	2 639	1 320	0,26	289
garaże	51 918	25 959	5,19	5 685
budynki niemieszkalne	10 379	5 189	1,04	1 136
silosy i budynki magazynowe	162 009	81 004	16,20	17 740
Brak możliwości				
zabytkowe	0	0	0,00	0
SUMA	**3 324 381**	**737 320**	**147,46**	**161 473**

Tabela 4.14 Wyniki obliczeń dla powiatu olkuskiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	2 651 662	530 332	106,07	110 733
budynki o dwóch mieszkania	162 308	32 462	6,49	6 778
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	257 744	51 549	10,31	10 763
zamieszkania zbiorowego	20 493	4 099	0,82	856
hotele	24 239	4 848	0,97	1 012
biurowe	95 812	19 162	3,83	4 001
handlowo-usługowe	169 627	33 925	6,79	7 084
przemysłowe	540 801	108 160	21,63	22 584
szpitale i zakłady opieki medycznej	23 105	4 621	0,92	965
obiekty kulturalne	17 875	3 575	0,72	746
kultury fizycznej	9 015	1 803	0,36	376
szkół i instytucji badawczych	106 695	21 339	4,27	4 456
muzeów i bibliotek	2 936	587	0,12	123
gospodarstwa rolnego	2 312 283	462 457	92,49	96 561
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	798	399	0,08	83
kultu religijnego	23 887	11 943	2,39	2 494
łączności, dworców i terminali	3 194	1 597	0,32	333
garaże	87 041	43 520	8,70	9 087
budynki niemieszkalne	18 601	9 300	1,86	1 942
silosy i budynki magazynowe	365 165	182 583	36,52	38 123
Brak możliwości				
zabytkowe	787	0	0,00	0
SUMA	**6 894 069**	**1 528 262**	**305,65**	**319 101**

Tabela 4.15 Wyniki obliczeń dla powiatu oświęcimskiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	3 214 895	642 979	128,60	140 298
budynki o dwóch mieszkania	261 455	52 291	10,46	11 410
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	370 305	74 061	14,81	16 160
zamieszkania zbiorowego	34 770	6 954	1,39	1 517
hotele	32 385	6 477	1,30	1 413
biurowe	159 370	31 874	6,37	6 955
handlowo-usługowe	368 988	73 798	14,76	16 103
przemysłowe	752 754	150 551	30,11	32 850
szpitale i zakłady opieki medycznej	16 933	3 387	0,68	739
obiekty kulturalne	12 474	2 495	0,50	544
kultury fizycznej	26 897	5 379	1,08	1 174
szkół i instytucji badawczych	124 602	24 920	4,98	5 438
muzeów i bibliotek	163 736	32 747	6,55	7 145
gospodarstwa rolnego	1 855 256	371 051	74,21	80 963
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	2 691	1 345	0,27	294
kultu religijnego	33 549	16 775	3,35	3 660
łączności, dworców i terminali	7 928	3 964	0,79	865
garaże	84 314	42 157	8,43	9 199
budynki niemieszkalne	17 586	8 793	1,76	1 919
silosy i budynki magazynowe	342 799	171 399	34,28	37 399
Brak możliwości				
zabytkowe	4 110	0	0,00	0
SUMA	**7 887 797**	**1 723 397**	**344,68**	**376 045**

Tabela 4.16 Wyniki obliczeń dla powiatu proszowickiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	1 341 647	268 329	53,67	59 730
budynki o dwóch mieszkania	29 305	5 861	1,17	1 305
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	29 726	5 945	1,19	1 323
zamieszkania zbiorowego	10 807	2 161	0,43	481
hotele	10 828	2 166	0,43	482
biurowe	42 267	8 453	1,69	1 882
handlowo-usługowe	68 658	13 732	2,75	3 057
przemysłowe	69 187	13 837	2,77	3 080
szpitale i zakłady opieki medycznej	11 653	2 331	0,47	519
obiekty kulturalne	3 186	637	0,13	142
kultury fizycznej	2 023	405	0,08	90
szkół i instytucji badawczych	41 741	8 348	1,67	1 858
muzeów i bibliotek	1 120	224	0,04	50
gospodarstwa rolnego	2 623 441	524 688	104,94	116 796
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	154	77	0,02	17
kultu religijnego	11 036	5 518	1,10	1 228
łączności, dworców i terminali	432	216	0,04	48
garaże	4 998	2 499	0,50	556
budynki niemieszkalne	1 207	604	0,12	134
silosy i budynki magazynowe	56 320	28 160	5,63	6 268
Brak możliwości				
zabytkowe	465	0	0,00	0
SUMA	**4 360 202**	**894 192**	**178,84**	**199 047**

Tabela 4.17 Wyniki obliczeń dla powiatu suskiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	2 725 108	545 022	109,00	112 710
budynki o dwóch mieszkania	83 813	16 763	3,35	3 466
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	41 195	8 239	1,65	1 704
zamieszkania zbiorowego	14 584	2 917	0,58	603
hotele	24 802	4 960	0,99	1 026
biurowe	57 978	11 596	2,32	2 398
handlowo-usługowe	151 008	30 202	6,04	6 246
przemysłowe	231 287	46 257	9,25	9 566
szpitale i zakłady opieki medycznej	14 123	2 825	0,56	584
obiekty kulturalne	3 247	649	0,13	134
kultury fizycznej	7 398	1 480	0,30	306
szkół i instytucji badawczych	70 289	14 058	2,81	2 907
muzeów i bibliotek	5 963	1 193	0,24	247
gospodarstwa rolnego	1 410 825	282 165	56,43	58 352
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	22 663	11 332	2,27	2 343
kultu religijnego	22 136	11 068	2,21	2 289
łączności, dworców i terminali	3 642	1 821	0,36	377
garaże	12 601	6 301	1,26	1 303
budynki niemieszkalne	4 669	2 334	0,47	483
silosy i budynki magazynowe	64 003	32 002	6,40	6 618
Brak możliwości				
zabytkowe	0	0	0,00	0
SUMA	**4 971 334**	**1 033 181**	**206,64**	**213 662**

Tabela 4.18 Wyniki obliczeń dla powiatu tarnowskiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	6 125 860	1 225 172	245,03	269 048
budynki o dwóch mieszkania	85 013	17 003	3,40	3 734
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	39 075	7 815	1,56	1 716
zamieszkania zbiorowego	53 241	10 648	2,13	2 338
hotele	31 223	6 245	1,25	1 371
biurowe	111 100	22 220	4,44	4 879
handlowo-usługowe	208 123	41 625	8,32	9 141
przemysłowe	356 822	71 364	14,27	15 672
szpitale i zakłady opieki medycznej	24 895	4 979	1,00	1 093
obiekty kulturalne	40 821	8 164	1,63	1 793
kultury fizycznej	14 854	2 971	0,59	652
szkół i instytucji badawczych	176 714	35 343	7,07	7 761
muzeów i bibliotek	5 597	1 119	0,22	246
gospodarstwa rolnego	5 967 990	1 193 598	238,72	262 114
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	6 046	3 023	0,60	664
kultu religijnego	71 759	35 880	7,18	7 879
łączności, dworców i terminali	3 791	1 895	0,38	416
garaże	39 586	19 793	3,96	4 347
budynki niemieszkalne	11 759	5 880	1,18	1 291
silosy i budynki magazynowe	268 524	134 262	26,85	29 484
Brak możliwości				
zabytkowe	835	0	0,00	0
SUMA	**13 643 628**	**2 848 998**	**569,80**	**625 640**

Tabela 4.19 Wyniki obliczeń dla powiatu Tarnów

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	1 210 125	242 025	48,41	53 003
budynki o dwóch mieszkania	605	121	0,02	27
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	611 626	122 325	24,47	26 789
zamieszkania zbiorowego	42 487	8 497	1,70	1 861
hotele	20 189	4 038	0,81	884
biurowe	169 126	33 825	6,77	7 408
handlowo-usługowe	467 211	93 442	18,69	20 464
przemysłowe	616 979	123 396	24,68	27 024
szpitale i zakłady opieki medycznej	52 567	10 513	2,10	2 302
obiekty kulturalne	20 390	4 078	0,82	893
kultury fizycznej	32 352	6 470	1,29	1 417
szkół i instytucji badawczych	104 455	20 891	4,18	4 575
muzeów i bibliotek	8 487	1 697	0,34	372
gospodarstwa rolnego	288 792	57 758	11,55	12 649
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	567	283	0,06	62
kultu religijnego	18 707	9 353	1,87	2 048
łączności, dworców i terminali	11 819	5 910	1,18	1 294
garaże	148 621	74 311	14,86	16 274
budynki niemieszkalne	23 164	11 582	2,32	2 536
silosy i budynki magazynowe	375 999	188 000	37,60	41 172
Brak możliwości				
zabytkowe	85	0	0,00	0
SUMA	**4 224 352**	**1 018 516**	**203,70**	**223 055**

Tabela 4.20 Wyniki obliczeń dla powiatu tatrzańskiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	2 214 600	442 920	88,58	91 153
budynki o dwóch mieszkania	0	0	0,00	0
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	142 806	28 561	5,71	5 878
zamieszkania zbiorowego	21 988	4 398	0,88	905
hotele	260 559	52 112	10,42	10 725
biurowe	50 983	10 197	2,04	2 098
handlowo-usługowe	90 611	18 122	3,62	3 730
przemysłowe	33 197	6 639	1,33	1 366
szpitale i zakłady opieki medycznej	17 899	3 580	0,72	737
obiekty kulturalne	8 710	1 742	0,35	358
kultury fizycznej	27 402	5 480	1,10	1 128
szkół i instytucji badawczych	50 178	10 036	2,01	2 065
muzeów i bibliotek	7 298	1 460	0,29	300
gospodarstwa rolnego	1 151 440	230 288	46,06	47 393
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	133 986	66 993	13,40	13 787
kultu religijnego	19 084	9 542	1,91	1 964
łączności, dworców i terminali	13 461	6 730	1,35	1 385
garaże	13 885	6 942	1,39	1 429
budynki niemieszkalne	8 815	4 407	0,88	907
silosy i budynki magazynowe	18 409	9 205	1,84	1 894
Brak możliwości				
zabytkowe	3 750	0	0,00	0
SUMA	**4 289 062**	**919 354**	**183,87**	**189 203**

Tabela 4.21 Wyniki obliczeń dla powiatu wadowickiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	4 515 422	903 084	180,62	195 066
budynki o dwóch mieszkania	845	169	0,03	37
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	236 603	47 321	9,46	10 221
zamieszkania zbiorowego	32 416	6 483	1,30	1 400
hotele	52 135	10 427	2,09	2 252
biurowe	117 290	23 458	4,69	5 067
handlowo-usługowe	229 248	45 850	9,17	9 904
przemysłowe	541 629	108 326	21,67	23 398
szpitale i zakłady opieki medycznej	22 091	4 418	0,88	954
obiekty kulturalne	11 058	2 212	0,44	478
kultury fizycznej	12 066	2 413	0,48	521
szkół i instytucji badawczych	140 963	28 193	5,64	6 090
muzeów i bibliotek	8 973	1 795	0,36	388
gospodarstwa rolnego	2 275 274	455 055	91,01	98 292
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	7 230	3 615	0,72	781
kultu religijnego	39 443	19 721	3,94	4 260
łączności, dworców i terminali	3 387	1 694	0,34	366
garaże	47 235	23 618	4,72	5 101
budynki niemieszkalne	15 765	7 882	1,58	1 703
silosy i budynki magazynowe	288 114	144 057	28,81	31 116
Brak możliwości				
zabytkowe	0	0	0,00	0
SUMA	**8 597 188**	**1 839 790**	**367,96**	**397 395**

Tabela 4.22 Wyniki obliczeń dla powiatu wielickiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m²	m²	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	4 282 857	856 571	171,31	187 760
budynki o dwóch mieszkania	208 337	41 667	8,33	9 134
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	168 604	33 721	6,74	7 392
zamieszkania zbiorowego	27 225	5 445	1,09	1 194
hotele	53 523	10 705	2,14	2 346
biurowe	111 887	22 377	4,48	4 905
handlowo-usługowe	204 445	40 889	8,18	8 963
przemysłowe	596 425	119 285	23,86	26 147
szpitale i zakłady opieki medycznej	12 966	2 593	0,52	568
obiekty kulturalne	11 499	2 300	0,46	504
kultury fizycznej	14 421	2 884	0,58	632
szkół i instytucji badawczych	108 582	21 716	4,34	4 760
muzeów i bibliotek	6 886	1 377	0,28	302
gospodarstwa rolnego	1 826 269	365 254	73,05	80 064
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	823	412	0,08	90
kultu religijnego	23 085	11 543	2,31	2 530
łączności, dworców i terminali	2 004	1 002	0,20	220
garaże	80 233	40 117	8,02	8 794
budynki niemieszkalne	11 457	5 728	1,15	1 256
silosy i budynki magazynowe	523 549	261 775	52,35	57 381
Brak możliwości				
zabytkowe	50	0	0,00	0
SUMA	**8 275 127**	**1 847 361**	**369,47**	**404 942**

W analogiczny sposób przedstawione został dana dla całego województwa małopolskiego, co przedstawiono w tabeli 4.23.

Tabela 4.23 Wyniki obliczeń dla województwa małopolskiego

Grupa budynków	Powierzchnia zabudowy	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu	Obliczona potencjalna moc	Obliczona potencjalna ilość energii
	m^2	m^2	MWp	MWh/rok
Perspektywiczne				
jednorodzinne	79 106 706	15 821 341	3 164,27	3 421 367
budynki o dwóch mieszkania	2 476 883	495 377	99,08	107 039
budynki o trzech i więcej mieszkaniach	9 620 288	1 924 058	384,81	418 328
zamieszkania zbiorowego	967 479	193 496	38,70	42 008
hotele	1 416 867	283 373	56,67	60 954
biurowe	3 688 660	737 732	147,55	160 183
handlowo-usługowe	6 230 179	1 246 036	249,21	270 446
przemysłowe	10 140 694	2 028 139	405,63	438 848
szpitale i zakłady opieki medycznej	878 071	175 614	35,12	38 106
obiekty kulturalne	356 173	71 235	14,25	15 451
kultury fizycznej	479 955	95 991	19,20	20 805
szkół i instytucji badawczych	3 194 900	638 980	127,80	138 519
muzeów i bibliotek	401 184	80 237	16,05	17 453
gospodarstwa rolnego	56 364 460	11 272 892	2 254,58	2 446 726
Mało perspektywiczne				
zakwaterowania turystycznego (pozostałe)	385 565	192 783	38,56	40 917
kultu religijnego	831 888	415 944	83,19	90 106
łączności, dworców i terminali	191 193	95 596	19,12	20 698
garaże	1 460 527	730 263	146,05	158 465
budynki niemieszkalne	300 847	150 423	30,08	32 590
silosy i budynki magazynowe	5 988 239	2 994 120	598,82	649 303
Brak możliwości				

zabytkowe	52 949	0	0,00	0
SUMA	**184 533 706**	**39 643 629**	**7 928,73**	**8 588 311**

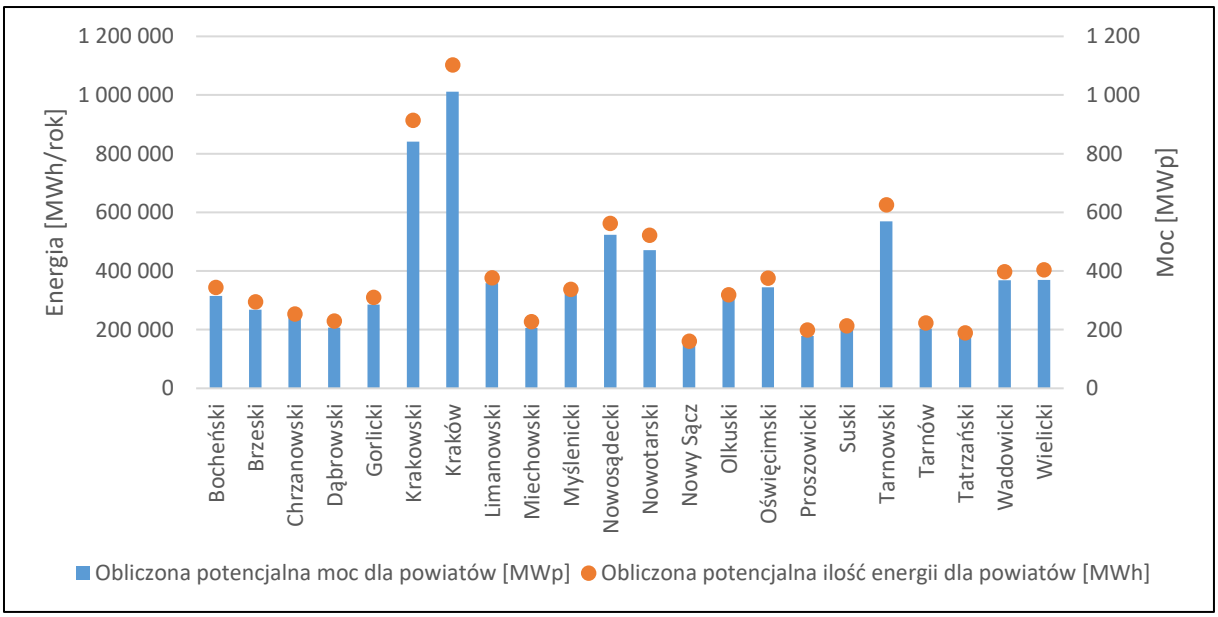
Powyższe dane w sposób bardziej skumulowany zestawiono także w tabeli zbiorczej ujmującej wszystkie powiaty (tabela 4.24) oraz w postaci graficznej (rysunek 4.4).

Tabela 4.24 Zbiorcze zestawienie najważniejszych wyników dla wszystkich powiatów

Powiat	Wartość średnia produkcji energii [kWh/kWp]	Powierzchnia zabudowy [m²]	Obliczona perspektywiczna powierzchnia dachu [m²]	Obliczona potencjalna moc dla powiatów [MWp]	Obliczona potencjalna ilość energii dla powiatów [MWh/rok]
bocheński	1 091	7 532 684	1 576 712	315	344 039
brzeski	1 099	6 368 459	1 341 941	268	294 959
chrzanowski	1 044	5 577 075	1 215 330	243	253 761
dąbrowski	1 110	4 985 864	1 035 131	207	229 799
gorlicki	1 088	6 745 544	1 426 531	285	310 413
krakowski	1 088	19 587 900	4 203 528	841	914 688
raków	1 091	22 266 822	5 055 543	1 011	1 103 119
limanowski	1 053	8 660 990	1 791 622	358	377 316
miechowski	1 102	5 000 513	1 030 432	206	227 107
myślenicki	1 052	7 589 647	1 607 754	322	338 271
nowosądecki	1 076	12 444 111	2 615 067	523	562 762
nowotarski	1 110	11 306 957	2 353 666	471	522 514
Nowy Sącz	1 095	3 324 381	737 320	147	161 473
olkuski	1 044	6 894 069	1 528 262	306	319 101
oświęcimski	1 091	7 887 797	1 723 397	345	376 045
proszowicki	1 113	4 360 202	894 192	179	199 047
suski	1 034	4 971 334	1 033 181	207	213 662
tarnowski	1 098	13 643 628	2 848 998	570	625 640
Tarnów	1 095	4 224 352	1 018 516	204	223 055
tatrzański	1 029	4 289 062	919 354	184	189 203
wadowicki	1 080	8 597 188	1 839 790	368	397 395
wielicki	1 096	8 275 127	1 847 361	369	404 942
Małopolska	**–**	**184 533 706**	**39 643 629**	**7 929**	**8 588 311**

W związku z przyjętymi założeniami, podstawową zmienną determinującą uzyskane wyniki jest powierzchnia zabudowy, która bezpośrednio związana jest ze zurbanizowaniem analizowanych powiatów. Największą potencjalną mocą dysponuje powiat Kraków – 1 011 MWp, co przekłada się na potencjalną produkcję energii w ilości 1 103 119 MWh/rok.

Na drugim miejscu znajduje się powiat krakowski (841 MWp, 914 688 MWh), a na trzecim powiat tarnowski (570 MWp, 625 640 MWh). Należy jednak podkreślić, że nie jest to zależność zupełnie liniowa, co wynika z podziału budynków na perspektywiczne oraz mało perspektywiczne. Liniowa zależność nie występuje także pomiędzy wartościami potencjalnej mocy, a potencjalną ilości wyprodukowanej energii, na co wpływ ma róża dla poszczególnych powiatów średnia wartość produkcji energii w kWh/kWp, co obrazuje rysunek 4.4.



Rysunek 4.4 Obliczone wartości potencjalnej mocy oraz potencjalnej ilości energii dla poszczególnych powiatów

Dodatkowo oszacowany został potencjał wykorzystania gruntów ugorowych łącznie z nawozami zielonymi oraz nieużytków. Założeniem tej analizy było pokazanie możliwości wykorzystania tego typu terenów pod budowę farm fotowoltaicznych w ujęciu powierzchniowym 10, 25 i 50%. Pełne wykorzystanie takich obszarów nie jest bowiem możliwe chociażby ze względów infrastrukturalnych, przede wszystkim dostępności w pobliżu sieci przesyłowej. W obliczeniach założono powierzchnię 2 ha, wymaganą pod budowę elektrowni o mocy 1 MWp. Wyniki przedstawiono w tabelach 4.25 i 4.26.

Tabela 4.25 Potencjał dla farm fotowoltaicznych instalowanych na gruntach ugorowanych łącznie z nawozami zielonymi

Powiat	**Grunty ugorowane łącznie z nawozami zielonymi [ha]**	**Udział wykorzystane powierzchni**					
		10%		25%		50%	
		Moc [MWp]	Energia [MWh]	Moc [MWp]	Energia [MWh]	Moc [MWp]	Energia [MWh]
bocheński	515	26	28 119	64	70 298	129	140 596
brzeski	490	25	26 935	61	67 336	123	134 673
chrzanowski	140	7	7 299	17	18 249	35	36 497
dąbrowski	549	27	30 472	69	76 180	137	152 359
gorlicki	301	15	16 345	38	40 864	75	81 727

krakowski	1 273	64	69 277	159	173 192	318	346 385
raków	165	8	9 026	21	22 565	41	45 130
limanowski	199	10	10 500	25	26 249	50	52 499
miechowski	134	7	7 391	17	18 479	34	36 957
myślenicki	233	12	12 253	29	30 632	58	61 264
nowosądecki	336	17	18 085	42	45 213	84	90 426
nowotarski	139	7	7 703	17	19 258	35	38 517
Nowy Sącz	10	0,5	532	1	1 330	2	2 661
olkuski	613	31	31 991	77	79 978	153	159 957
oświęcimski	206	10	11 214	26	28 034	51	56 068
proszowicki	187	9	10 396	23	25 990	47	51 980
suski	64	3	3 301	8	8 253	16	16 507
tarnowski	1 408	70	77 299	176	193 248	352	386 495
Tarnów	40	2	2 169	5	5 423	10	10 846
tatrzański	3	0,1	133	0	332	1	664
wadowicki	300	15	16 196	37	40 491	75	80 981
wielicki	166	8	9 078	21	22 694	41	45 388
Małopolska	**7 470**	**373**	**405 716**	**934**	**1 014 289**	**1 867**	**2 028 578**

Sumaryczna możliwa do uzyskania moc instalacji PV na gruntach ugorowanych waha się od 373 do 1 014 289 MWp. Przekłada się to na potencjalną produkcję energii w ciągu roku od 405 716 do 2 028 578 MWh. Na tle powiatów zdecydowanie wyróżniają się powiat tarnowski oraz powiat krakowski, co wynika wprost z powierzchni gruntów. Najniższymi wartościami charakteryzują się powiaty tatrzański i miasto Nowy Sącz.

Tabela 4.26 Potencjał dla farm fotowoltaicznych instalowanych na nieużytkach

Powiat	**Nieużytki [ha]**	**Udział wykorzystane powierzchni**					
		10%		25%		50%	
		Moc [MWp]	Energia [MWh]	Moc [MWp]	Energia [MWh]	Moc [MWp]	Energia [MWh]
bocheński	707	35	38 605	88	96 512	177	193 024
brzeski	840	42	46 145	105	115 364	210	230 727
chrzanowski	414	21	21 597	52	53 992	103	107 984
dąbrowski	422	21	23 391	53	58 479	105	116 957
gorlicki	860	43	46 764	107	116 910	215	233 820
krakowski	875	44	47 611	109	119 028	219	238 056
raków	168	8	9 158	21	22 895	42	45 790
limanowski	849	42	44 683	106	111 707	212	223 414
miechowski	316	16	17 396	39	43 490	79	86 980
myślenicki	1 085	54	57 049	136	142 623	271	285 247
nowosądecki	1 290	65	69 412	161	173 531	323	347 062

nowotarski	1 530	77	84 895	191	212 239	383	424 477
Nowy Sącz	27	1	1 459	3	3 646	7	7 293
olkuski	576	29	30 063	72	75 157	144	150 314
oświęcimski	179	9	9 781	22	24 453	45	48 906
proszowicki	202	10	11 219	25	28 047	50	56 094
suski	1 199	60	62 024	150	155 061	300	310 121
tarnowski	1 862	93	102 229	233	255 572	466	511 145
Tarnów	71	4	3 865	9	9 662	18	19 324
tatrzański	149	7	7 658	19	19 145	37	38 290
wadowicki	739	37	39 917	92	99 792	185	199 585
wielicki	203	10	11 150	25	27 875	51	55 750
Małopolska	**14 562**	**728**	**786 072**	**1 820**	**1 965 180**	**3 640**	**3 930 360**

W przypadku nieużytków, ich całkowita powierzchnia w województwie małopolskim wynosi 14 562 ha. Potencjalna moc instalacji PV waha się w analizowanym zakresie od 728 do 3 930 360 MWp. Są to wartości niemal dwukrotnie większe niż w przypadku gruntów ugorowanych. Ma to swoje odzwierciedlenie w potencjalnie możliwej do wyprodukowania ilości energii elektrycznej, której wartość waha się od 786 072 do 3 930 360 MWh.

Sumaryczne wartości dla gruntów ugorowanych i nieużytków to powierzchnia 22 031 ha. Przy założeniu wykorzystania 10% ich powierzchnia daje to moc 1 102 MWp oraz 1 191 788 MWh energii. W wariancie wykorzystania 25% gruntów tego typu, są to odpowiednio wartości 2 754 MWp i 2 979 469 MWh. Dla założone wartości 50%, potencjalna moc wynosi 5 508 MWp, a ilości możliwej do wyprodukowania energii 5 985 938 MWh.

4.2 Instalacje kolektorów słonecznych

Do analizy potencjału wykorzystania energii promieniowania słonecznego dla technologii kolektorów słonecznych i przygotowania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.), wykorzystane zostały dane zawarte w Centralne Ewidencji Emisyjności Budynków (CEEB). Na podstawie złożonych deklaracji oszacowana została ilość budynków, które nie posiadają jeszcze instalacji kolektorów słonecznych. Analiza przeprowadzona została dla grupy budynków jednorodzinnych, co wynika z dwóch powodów. Pierwszym z nich jest duża trudność oszacowania potencjału dla budynków wielorodzinnych, czy użyteczności publicznej, ze względu na ich bardzo duże zróżnicowanie ze względu na przeznaczenie, czy liczbę mieszkańców. Takich informacji statystycznych obecnie nie ma. Drugim z powodów jest stosunkowo niewielka ilość istniejących instalacji kolektorów słonecznych na innych typach obiektów, niż budynki jednorodzinne, co przekłada się na niewielki błąd w oszacowaniu potencjału całkowitego.

Wartością wyjściową, która została uznana za reprezentatywna w kontekście pokazania potencjału w ujęciu energetycznym, jest roczne zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową (Q_{cwu}) dla pojedynczego budynku, obliczone zgodnie ze wzorem:

$$Q_{cwu} = n * V * r \ * \ c_w * (T_{cwu} - T_w\ ) * k * u \left[\frac{kJ}{rok}\right]$$

gdzie:

Q_{cwu} – roczne zapotrzebowanie na c.w.u. [kJ/rok],

n – liczba osób w gospodarstwie domowym = 3 [-],

V – zużycie ciepłej wody użytkowej na osobę = 50 [dm^3],

ρ – gęstość wody (ρ = 1 g/dm^3) [g/dm^3],

c_w – ciepło właściwe wody (c_w = 4,2 kJ/kg*K) [kJ/kg*K],

T_{cwu} – temperatura ciepłej wody użytkowej (T_{cwu} = 55°C) [°C],

T_w – temperatura wody zimnej (T_w = 10°C) [°C],

K – liczba dni w roku (K = 365) [-],

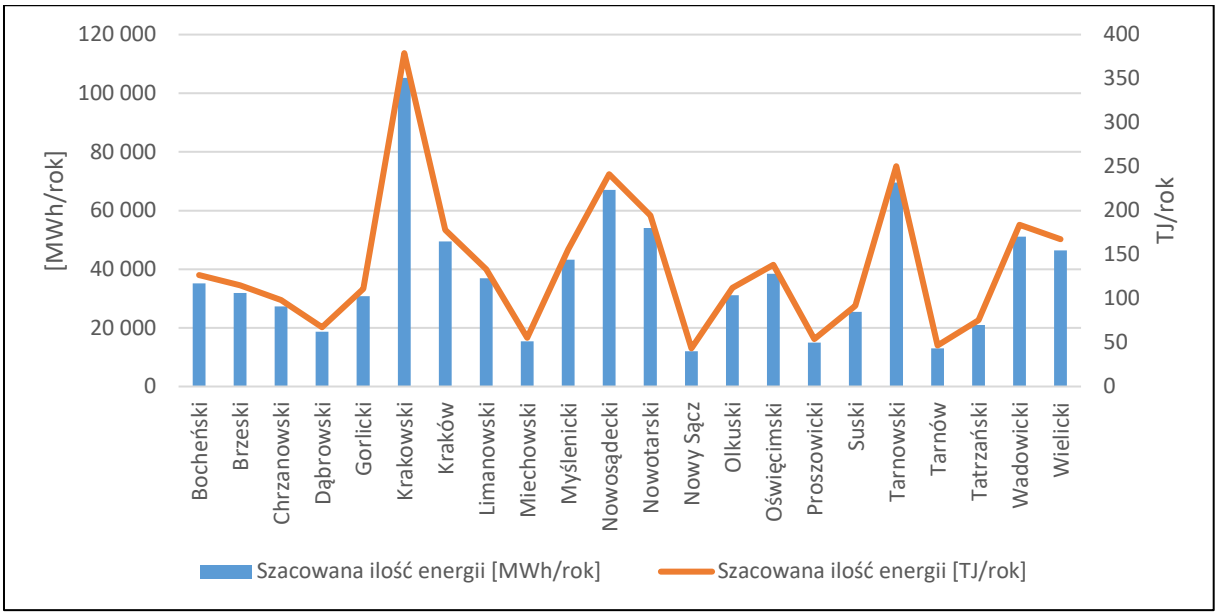
u – udział kolektorów słonecznych w przygotowaniu c.w.u. (u = 50%) [%].

Uzyskane wyniki w ujęciu całego województwa małopolskiego, a także w odniesieniu do poszczególnych powiatów przedstawione zostały w tabeli 4.27 oraz na rysunku 4.5.

Tabela 4.27 Potencjał dla wykorzystania kolektorów słonecznych

Powiat	Liczba budynków jednorodzinnych	Szacowana ilość energii [MWh/rok]	Szacowana ilość energii [TJ/rok]
bocheński	24 494	35 202	127
brzeski	22 229	31 947	115
chrzanowski	18 984	27 284	98
dąbrowski	13 006	18 692	67
gorlicki	21 464	30 848	111
krakowski	73 239	105 258	379
raków	34 394	49 431	178
limanowski	25 720	36 964	133
miechowski	10 727	15 417	56
myślenicki	30 123	43 292	156
nowosądecki	46 648	67 042	241
nowotarski	37 586	54 018	194
Nowy Sącz	8 384	12 049	43
olkuski	21 672	31 147	112
oświęcimski	26 714	38 393	138
proszowicki	10 451	15 020	54
suski	17 732	25 484	92
tarnowski	48 429	69 602	251
Tarnów	9 034	12 984	47
tatrzański	14 565	20 933	75
wadowicki	35 557	51 102	184
wielicki	32 329	46 463	167

Małopolska	**583 481**	**838 572**	**3 019**



Rysunek 4.5 Obliczone wartości potencjalnej ilości energii dostarczonej przez kolektory słoneczne, z podziałem na powiaty

Całkowita szacowana ilość energii, jaką mogą dostarczyć instalacje kolektorów słonecznych dla całego województwa małopolskiego wynosi 838 572 MWh/rok, co jest równoważne 3 019 TJ/rok. W odniesieniu do powiatów, potencjał jest wprost proporcjonalny do liczby budynków jednorodzinnych, co jest efektem poziomu zurbanizowania poszczególnych obszarów. Największym potencjałem charakteryzuje się powiat krakowski, dominujący zdecydowanie nad pozostałymi powiatami, z wartością 105 258 MWh/rok (379 TJ/rok). Na kolejnych pozycjach znajdują się powiaty tarnowski – 69 602 MWh/rok (251 TJ/rok) oraz nowosądecki – 67 042 MWh/rok (241 TJ/rok). Najniższe wartości reprezentują dwa powiaty na prawach miast, a więc Nowy Sącz – 10 049 MWh/rok (43 TJ/rok) oraz Tarnów – 12 984 MWh/rok (47 TJ/rok).

5. Energetyka geotermalna

W Polsce wody lecznicze, termalne i solanki uznawane są za kopalinę podstawową i podlegają przepisom prawa geologicznego i górniczego (PGG). Definicja wód termalnych uregulowana jest Ustawą PGG z dn. 9.06.2011, tekst jedn. Dz.U. 2022 poz. 1072. Zgodnie z zapisami PGG **wodą termalną** jest woda podziemna, która na wypływie z ujęcia ma temperaturę nie mniejszą niż 20°C (Art. 5.2.2 PGG). Dodatkowo wodami leczniczymi, wodami termalnymi i solankami nie są wody pochodzące z odwadniania wyrobisk górniczych (Art. 5.4 PGG j.w.).

W Polsce wody termalne występują w różnych prowincjach hydrogeotermalnych (Niż Polski, Karpaty, zapadlisko przedkarpackie, Sudety), na różnych głębokościach, w różnych poziomach stratygraficznych – dlatego charakteryzują się one zróżnicowanymi parametrami geotermalnymi: temperaturą, mineralizacją ogólną oraz składem chemicznym wód. Zróżnicowane są także parametry ujęć geotermalnych, w tym ich wydajności, która określana jest pojęciem zasobów eksploatacyjnych, czyli ilością wód podziemnych możliwą do pobrania z ujęcia w danych warunkach hydrogeologicznych i techniczno-ekonomicznych, z uwzględnieniem zapotrzebowania na wodę i przy zachowaniu wymogów ochrony środowiska (vide definicje).

W Polsce w skali regionalnej najlepszymi parametrami geotermalnymi cechują się zbiorniki geotermalne dolnej jury i dolnej kredy na Niżu Polskim oraz triasu i eocenu w niecce podhalańskiej. W rejonach, gdzie stwierdzono najbardziej korzystne parametry funkcjonują obecnie ciepłownie geotermalne, które wykorzystują potencjał energetyczny wód do celów grzewczych.

Temperatury wód geotermalnych wykorzystywanych w siedmiu funkcjonujących obecnie w Polsce ciepłowniach geotermalnych wynosi od 42 do ok. 86°C, przy wydajności ujęć od 60 do 550 m^3/h (z jednego ujęcia - Bańska PGP-1) oraz zróżnicowanej mineralizacji.

Kluczowym sektorem dla zagospodarowania energii geotermalnej w Polsce jest ciepłownictwo, jednak ogromnym atutem wykorzystania tego rodzaju energii jest wszechstronność zastosowania. Szeroki wachlarz zastosowań obejmuje także hodowle ryb, podgrzewanie gleby, suszenie drewna czy produktów rolnych, balneoterapię i lecznictwo. Zasoby niskotemperaturowe, czyli takie jakie posiadamy w Polsce, można wykorzystać także w balneoterapii i rekreacji. W tym zakresie szczególnie Małopolska może pochwalić się licznymi obiektami typu SPA, są to:

- „Termy Gorce” w Porębie Wielkiej oraz
- „Termy Chochołowskie w Chochołowie;
- „Termy Bania” w Białce Tatrzańskiej;
- „Termy Bukovina” w Bukowinie Tatrzańskiej;
- „Termy Szaflary w Szaflarach;
- „Termy Gorący Potok” w Szaflarach;
- „Aquapark Zakopane” w Zakopanem oraz
- Polana Szymoszkowa w Zakopanem.

5.1 Rozpoznanie wiertnicze województwa małopolskiego

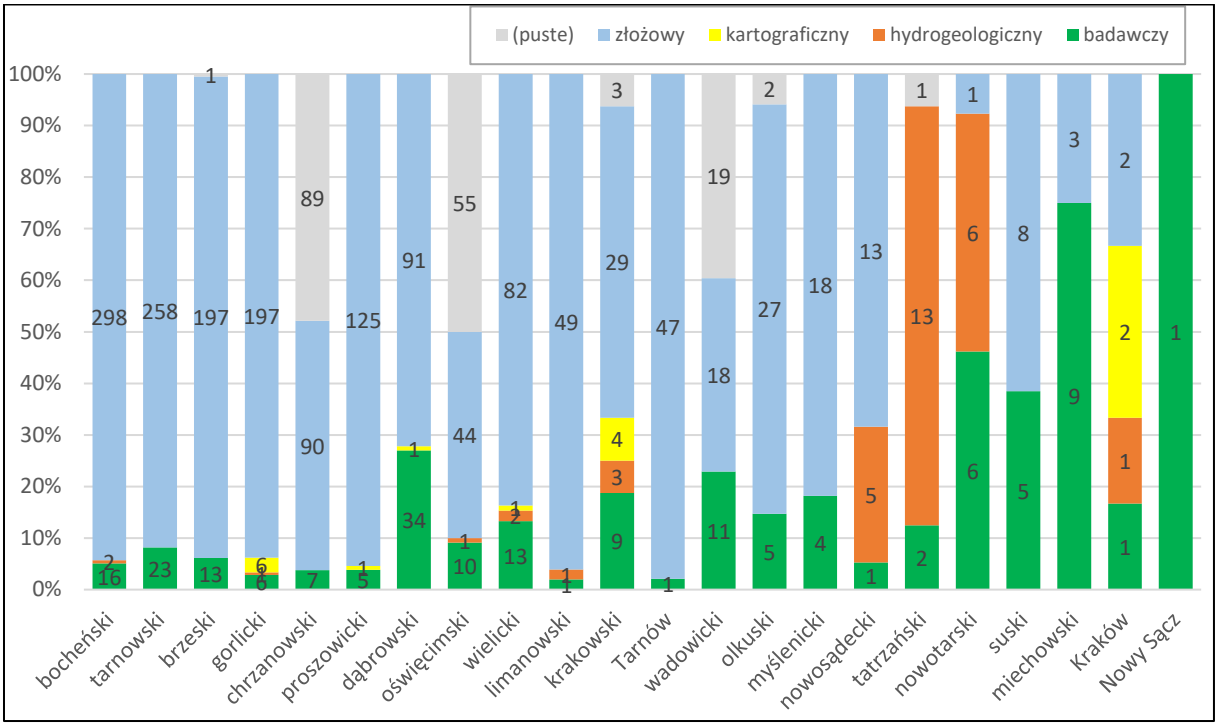
W granicach administracyjnych województwa małopolskiego zlokalizowano **2040** głębokich otworów wiertniczych, tj. otworów, których głębokość końcowa jest nie mniejsza niż 500 m (https://geologia.pgi.gov.pl/), spośród 12 490 wszystkich otworów zlokalizowanych w granicach województwa – zinwentaryzowanych w CBDG. Otwory te stanowią podstawowe źródło informacji w zakresie występowania wód termalnych, zważywszy na fakt, że temperatura wód termalnych na wypływie z ujęcia musi przekraczać 20°C (PGG, 2011). Płytsze otwory, w szczególności otwory hydrogeologiczne, mogą posłużyć do oceny zasobów wód zwykłych, które w rejonie zewnętrznych Karpat fliszowych występują do gł. ok. 100 m p.p.t. (Chowaniec, 2007; Chowaniec, 2011). W rejonie Karpat fliszowych profil geologiczny poniżej gł. 150-200 m zbudowany jest ze skał o bardzo małej przepuszczalności, co oznacza niski potencjał dla złóż wód, w tym dla wód termalnych (Oszczypko i in., 1981; Kania i in., 2010).

Najgłębszym otworem w rejonie woj. małopolskiego jest otwór Tarnawa 1, o gł. 5 501 m, który został odwiercony w 1996 r. Najnowszym otworem zinwentaryzowanym w bazie CBDG jest otwór geotermalny Białka Tatrzańska GT-2 - na Podhalu, który odwiercono w 2022 r. Zestawienie otworów wiertniczych o gł. powyżej 5 000 m przedstawiono w Tabela 5.1.

Tabela 5.1 Zestawienie otworów wiertniczych o gł. powyżej 5 000 m w woj. małopolskim

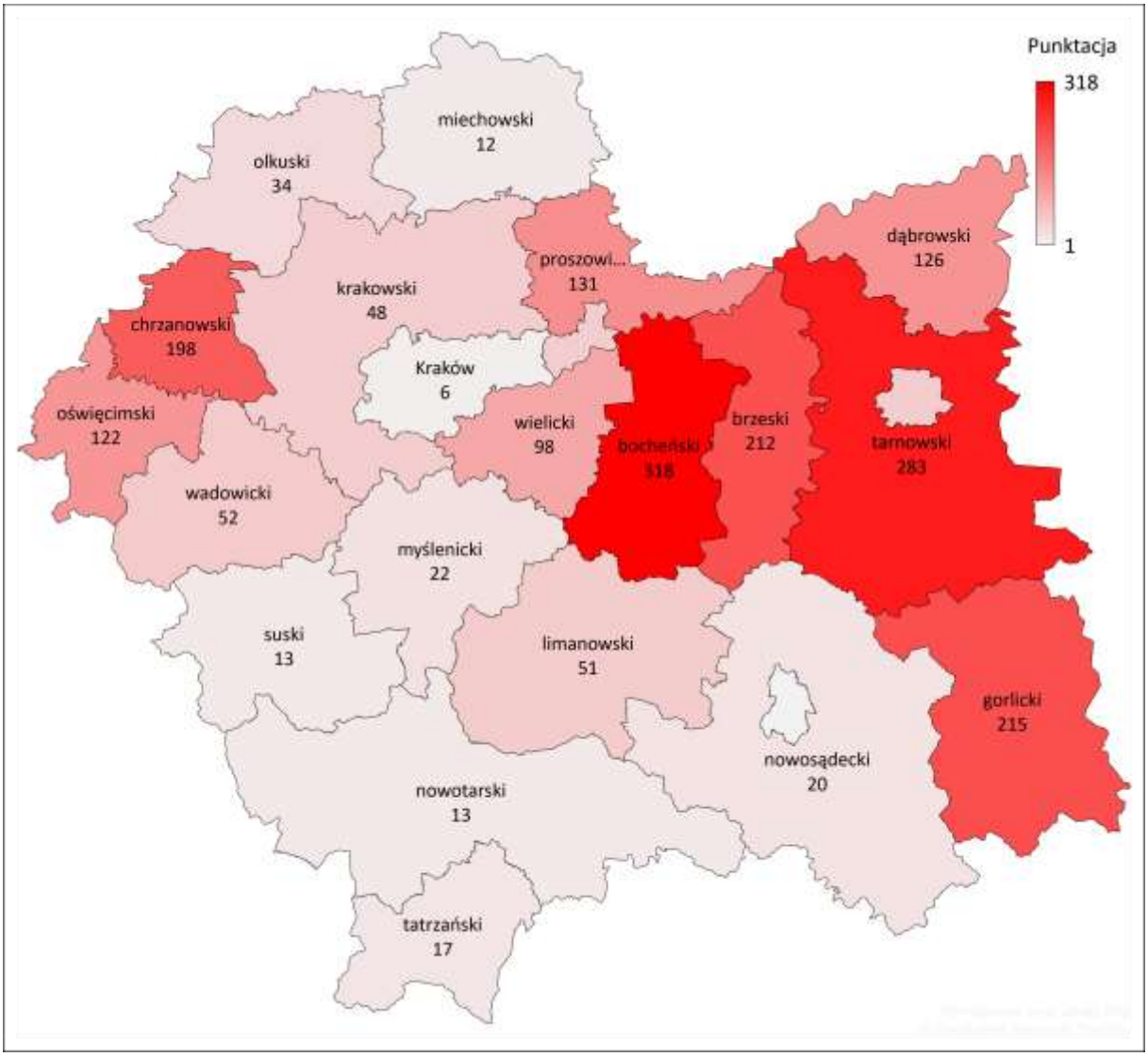
CBDG	Nazwa otworu	Głębokość końcowa [m]	Cel wiercenia	Stratygrafia na dnie	Rok wiercenia	Miejscowość
119820	TARNAWA 1	5 510,00	złożowy	dewon górny	1996	Tarnawa
14475	BAŃSKA IG-1	5 261,00	badawczy	trias	1981	Bańska Niżna
4133	GORLICE 11	5 236,00	złożowy	oligocen	1977	Gorlice
4121	GORLICE 13	5 145,50	złożowy	kreda	1983	Sękowa
14470	CHABÓWKA 1	5 101,00	badawczy	kreda	1978	Chabówka
13754	ZAWOJA IG-1	5 023,00	złożowy	karbon górny	1988	Zawoja
16368	LEŚNIÓWKA 2	5 006,00	złożowy	trzeciorzęd	1985	Słopnice
3374869	BIAŁKA TATRZAŃSKA GT-2	2 930,00	złożowy	trias	2022	Białka Tatrzańska

Statystyka obejmująca ilość głębokich otworów dostępnych w obrębie poszczególnych powiatów wraz z uwzględnieniem celu wykonanych wierceń przedstawiono na Rysunek 5.1.



Rysunek 5.1 Ilość głębokich otworów wiertniczych (>500 m) w obrębie granic administracyjnych poszczególnych powiatów – z uwzględnieniem celu wiercenia, w woj. małopolskiego (na podst. CBDG, 2022, powiaty uszeregowano wg malejącej ilości otworów)

Stopień rozpoznania wgłębnego w rejonie Małopolski jest zróżnicowany i jest bezpośrednio powiązany z potencjałem zasobowym i aktywnością poszukiwawczą i dokumentacyjną złóż rud cynkowo-ołowiowych w rejonie olkuskim, złóż węgla w rejonie chrzanowskim i oświęcimskim, złóż węglowodorów w rejonie powiatów brzeskim, tarnowskim i gorlickim oraz złóż wód termalnych w rejonie Niecki Podhalańskiej. Stopień rozpoznania otworowego w obrębie poszczególnych powiatów woj. małopolskiego przedstawiono na Rysunek 5.2.



Rysunek 5.2 Mapa Ilości głębokich otworów wiertniczych (>500 m) w obrębie granic administracyjnych poszczególnych powiatów woj. małopolskiego

Powracając do kwestii warunków hydrogeologicznych woj. małopolskiego należy stwierdzić, że na przeważającym obszarze zewnętrznych Karpat fliszowych poniżej strefy wód słodkich występują wody mineralne: typu szczaw i wody kwasowęglowe, wody siarczkowe oraz chlorkowe i solanki, które występują na obszarze wszystkich jednostek tektonicznych Karpat Zachodnich z wyjątkiem Karpat wewnętrznych. Ich obecność stwierdzono w utworach fliszowych, a także w utworach podłoża Karpat.

Pod względem hydrochemicznym są to zawsze wody Cl-Na i prawie zawsze zawierają one składnik swoisty w postaci jonu (I^-). Solanki na obszarze Karpat Zachodnich udostępniają odwierty, a wody chlorkowe również źródła. Udokumentowano je m.in. w Rabce, Soli, Ustroniu, Porębie Wielkiej, Jaworzu, Kozach i Kętach. W miejscowości Sól solanka została udokumentowana pięcioma odwiertami, a solankę wyprowadzają również dwa źródła „Warzelniane" (36 g/dm^3) i „Słanica" (40 g/dm^3). Są to najbardziej zmineralizowane wody wyprowadzone przez źródła w polskich Karpatach (Rajchel i in., 2004; Rajchel, 2011). W głębszych partiach górotworu wody charakteryzują się podwyższoną temperaturą – są to wody termalne.

5.2 Wody termalne Małopolski

Wody termalne Małopolski występują w obrębie trzech typów regionalnych basenów zbiornikowych:

- płaszczowinowego (Karpaty fliszowe): największa obszarowo struktura zbiornikowa wód termalnych, obejmująca ok. 70% obszaru Małopolski. Występują tutaj zbiorniki głównie typu porowego;
- basenu sedymentacyjnego (obszar pozakarpacki i podłoże Karpat): tworzą platformowe utwory mezozoicznego należące niecki miechowskiej, monokliny śląsko-krakowskiej, zapadliska przedkarpackiego oraz podłoża Karpat. Wody geotermalne związane są tutaj głównie z piaszczystymi utworami poziomu cenomańskiego i doggerskiego. Zarówno w przypadku utworów cenomanu jak i doggeru możemy mówić o typowych poziomach wodonośnych występujących w obrębie zbiorników głównie typu porowego;
- typ mieszany (niecka podhalańska): wody termalne występują w złożonym systemie płaszczowin tatrzańskich i utworów trzeciorzędowego basenu sedymentacyjnego. Wody termalne w obrębie płaszczowin tatrzańskich (głównie w dolomitach triasowych jednostki reglowej) wypełniają zbiornik typu szczelinowo-krasowego, natomiast w obrębie warstw basenu trzeciorzędowego (warstwy szaflarskie, wapienie numulitowe) typu porowo-szczelinowego.

W zasięgu granic administracyjnych Małopolski zasoby wód, w tym przede wszystkim wód mineralnych, stanowią istotny element bazy surowcowej regionu. Występowanie wód mineralnych, geotermalnych oraz solanek związane jest z zapadliskiem przedkarpackim, płaszczowinami Karpat Zewnętrznych oraz Niecką Podhalańską. Na obszarze Zapadliska występują głównie wody siarczanowe i siarczkowe znane z Krzeszowic, Matecznego i Swoszowic. Na obszarze karpackim znane są wody mineralne i lecznicze o zróżnicowanym składzie chemicznym z terenu powiatów gorlickiego, nowosądeckiego, nowotarskiego, limanowskiego. Natomiast w podłożu Niecki Podhalańskiej stwierdzono występowanie wód termalnych o niskiej mineralizacji, relatywnie wysokich temperaturach. Ujęcia tych wód charakteryzują się znacznymi wydajnościami.

Na obszarze Małopolski potencjalne zbiorniki wód termalnych stwierdzono w obrębie pięciu jednostek geologicznych (Barbacki i in., 2006; Górecki (red.), Hajto i in., 2011):

- Karpat (zewnętrze oraz wewnętrzne – niecka podhalańska);
- zapadliska przedkarpackiego;
- niecki miechowskiej;
- monokliny śląsko−krakowskiej oraz
- zapadliska górnośląskiego.

Na obszarze Małopolski wody termalne występują w zbiornikach usytuowanych w wielu, bardzo zróżnicowanych wiekowo piętrach hydrogeologicznych. Są to zbiorniki w obrębie utworów paleozoicznych (dewon, karbon), mezozoicznych (trias, jura, kreda) oraz trzeciorzędowych (miocen, eocen). Wody występujące w obrębie poszczególnych zbiorników charakteryzują się silnym zróżnicowaniem parametrów geotermalnych tj. wydajnością, temperaturą i mineralizacją.

Większe znaczenie mają trzeciorzędowe zbiorniki wód termalnych, które związane są z mioceńskimi utworami piaskowcowymi zapadliska przedkarpackiego oraz węglanowymi i piaskowcowymi utworami eocenu podhalańskiego (eocen numulitowy i warstwy szaflarskie). Pewne znaczenie dla geotermii mogą mieć również oligoceńskie utwory piaskowcowe na obszarze Karpat fliszowych.

Największe możliwości wykorzystania wód termalnych dla celów ciepłowniczych wiążą się jednak ze zbiornikami mezozoicznymi. Najbardziej zasobnym zbiornikiem wód termalnych w rejonie województwa jest triasowy zbiornik podhalański występujący w obrębie utworów dolomitycznych jednostki reglowej. Równie interesujący jest cenomański poziom wodonośny (kreda) występujący na obszarze niecki miechowskiej i przedgórza Karpat, który co prawda nie charakteryzuje się tak wysokimi temperaturami wód, lecz powierzchniowo obejmuje znacznie większy obszar, a występujące tu wody są często wodami słodkimi.

Mniejsze znaczenie w kontekście regionalnym mają natomiast takie piętra mezozoiku jak kreda – senon, dogger i trias monokliny śląsko-krakowskiej, niecki miechowskiej i przedgórza Karpat. Większe perspektywy dotyczące możliwości wykorzystania wód termalnych wiążą się natomiast ze zbiornikiem górnojurajskim (malm).

Drugorzędne znaczenie dla geotermalnego wykorzystania przedstawiają zbiorniki wód w utworach paleozoicznych. Spośród dwóch bardziej interesujących pięter: dewonu i karbonu, w których stwierdzono przypływy i samowypływy wód z otworów – korzystniejsze parametry geotermalne posiadają zbiorniki w wapieniach dewońskich.

Większość dotychczasowych badań potwierdza, że największe możliwości wykorzystania wód termalnych dla celów ciepłowniczych i rekreacyjnych w Małopolsce występują na Podhalu. Rejestr złóż kopalin MIDAS (http://geoportal.pgi.gov.pl/midas-web/) wskazuje, że w rejonie woj. małopolskiego zlokalizowano 13 złóż wód termalnych (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 Zestawienie złóż wód termalnych znajdujących się w rejestrze złóż kopalin MIDAS w Małopolsce (stan na 31.12.2022, na podst. MIDAS, 2022)

L.P.	ID złoża	Nazwa złoża	Numer w rejestrze	Gmina	Użytkownicy
1	7965	Bańska (IG-1)	Bańska	Szaflary	Przedsiębiorstwo Energetyki Cieplnej "Geotermia Podhalańska" S.A.
2	8245	Bańska PGP-1	Bańska	Szaflary	Przedsiębiorstwo Energetyki Cieplnej "Geotermia Podhalańska" S.A.
3	12297	Białka	Białka Tatrzańska	Bukowina Tatrzańska	Park Wodny Bania S.A., "Park Wodny Bania" sp. z o.o.
4	10367	Bukowina	Bukowina Tatrzańska	Bukowina Tatrzańska	"Bukowiańskie Towarzystwo Geotermalne" sp. z o.o.
5	7967	Chochołowskie Termy	Witów	Kościelisko	Chochołowskie Termy sp. z o.o., Przedsiębiorstwo Energetyki Cieplnej "Geotermia Podhalańska" S.A.
6	7961	Furmanowa PIG-1	Furmanowa	Zakopane	Przedsiębiorstwo Energetyki Cieplnej "Geotermia Podhalańska" S.A.
7	14301	Podhale 2	Bańska, Biały Dunajec	Szaflary	Przedsiębiorstwo Energetyki Cieplnej "Geotermia Podhalańska" S.A.
8	16567	Poręba Wielka	Poręba Wielka	Niedźwiedź	Gorczańskie Wody Termalne Sp. z o.o.
9	7966	Poronin	Poronin	Poronin	TATRA-TERMAL Sp. z o.o., PPHU "Hreśka" P. Marian Hreśka; Przedsiębiorstwo Energetyki Cieplnej "Geotermia Podhalańska" S.A.
10	15768	Siwa Woda IG-1	Witów-Roztoki	Kościelisko	--

11	11402	Szymoszkowa	Zakopane	Zakopane	"DORADO" sp. z o.o.
12	7958	Zakopane	Zakopane-Antałówka	Zakopane	"Polskie Tatry" S.A.
13	16570	Zazadnia IG-1	Małe Ciche	Poronin	--

Dodatkowo rejestr obszarów górniczych (MIDAS) wskazuje, że w obecnie w Małopolsce znajduje się 8 obszarów górniczych dla wód termalnych – Tabela 5.3. oraz Rysunek 5.3.

Tabela 5.3 Zestawienie aktualnych obszarów górniczych dla koncesji eksploatacyjnych wód termalnych w Małopolsce (stan na 31.12.2022, na podst. MIDAS, 2022)

L.P.	ID obszaru	Nazwa obszaru	Numer w rejestrze	Data wyznaczenia koncesji	Data ważności koncesji	Wydawca decyzji wyznaczającej	Powierzchnia
1	139225	Podhale 2	5/1/66a	17.06.2019	31.07.2025	Marszałek Województwa Małopolskiego	15 879 156
2	10 208	Poręba Wielka	5/1/103	3.12.2013	31.12.2035	Marszałek Województwa Małopolskiego	4 936 618
3	8219	Poronin	5/1/85	22.08.2012	22.08.2042	Minister Środowiska	7 704 012
4	7076	Chochołowskie Termy	5/1/83	22.03.2011	22.03.2036	Minister Środowiska	20 452 892
5	3487	Białka	5/1/80	3.08.2010	3.08.2040	Minister Środowiska	13 413 300
6	3890	Szymoszkowa	5/1/76	4.03.2009	4.03.2034	Minister Środowiska	7 687 284
7	4032	Bukowina	5/1/67	6.12.2006	6.12.2026	Minister Środowiska	4 630 656
8	4112	Zakopane	5/1/51	1.07.1998	1.07.2028	Minister Zdrowia i Opieki Społecznej	17 202 650

Poza obszarem niecki podhalańskiej wody termalne występują punktowo na terenie zewnętrznych Karpat fliszowych, jednakże skomplikowana budowa geologiczna ogranicza uzyskanie większych wydajności ujęć, co warunkuje ich niewielką przydatność do celów ciepłowniczych.

Występują one w zbiornikach zamkniętych i dlatego ich zasoby są ograniczone. Z dotychczasowych badań wynika, że flisz zewnętrznokarpacki jest mało perspektywicznym kolektorem dla uzyskania wód termalnych w znaczących ilościach (Chowaniec, 2009; Górecki (red.), Hajto i in., 2011). Lokalizację obszarów górniczych eksploatacji wód termalnych w Małopolsce przedstawiono na Rysunek 5.3.

Rysunek 5.3 Lokalizacje obszarów górniczych eksploatacji wód termalnych w Małopolsce (na podst. MIDAS, 2022)

W Małopolsce występuje kilka perspektywicznych rejonów, gdzie wody termalne tzw. niskotemperaturowe z powodzeniem mogłyby być wykorzystywane do celów rekreacyjnych. Strefy możliwego wykorzystania energii geotermalnej wskazano w: Krakowie Bieżanowie, Krakowie Przylasku Rusieckim, Krakowie Zesławicach, Łękawicy, Zawadzie, Tarnowcu koło Tarnowa, Nowych Żukowicach, w miejscowościach: Bucze−Dąbrówka, Grobla, Luszowice, Mokrzyska, Nieznanowice, Rzezawa, w Siedlcu, Załużu, Porębie Wielkiej, Dąbrowie Tarnowskiej, Borzęcinie, Szczurowej, Bochni, Łękawica, Tarnowiec, Brzesko, Radłów, Bochnia − Cikowice, Zawada, Ciężkowicach, Gorlicach, Bukowinie Tatrzańskiej, Chochołowie, Furmanowej i Bukowinie Tatrzańskiej, Poroninie, Kościelisku, Kozłowie, Książu Wielkim, Kętach, Kobierzynie, Kryspinowie, Krzeszowicach, Lachowicach, Łapczycy, Suchej Beskidzkiej i Niepołomicach.

Statystyki PIG-PIB w Warszawie wskazują, że w latach 2014-2020 w województwie małopolskim wydano 11 decyzji zatwierdzających projekty robót geologicznych, których celem było udostępnienie wód termalnych lub leczniczych (t.j. wykonanie pierwszego otworu poszukiwawczego) – Tabela 5.4.

Tabela 5.4 Zestawienie zatwierdzonych w latach 2014-2020 projektów robót geologicznych mających na celu udostępnienie wód termalnych w woj. małopolskim (na podst. PIG-PIB: https://www.pgi.gov.pl/wody-mineralne/przydatne/eksploatacja/12168-nowe)

Lp.	Miejscowość	Nazwa projektowanego otworu	Typ wód	Data wydania	Termin ważności
1	Biały Dunajec	Biały Dunajec PGP-5	termalna	20.02.2020	20.02.2025
2	Białka Tatrzańska	Białka Tatrzańska GT-2	termalna	08.06.2021	08.06.2026
3	Brzesko	Brzesko GT-1	termalna	09.12.2021	31.12.2026
4	Bukowina Tatrzańska	Bukowina Tatrzańska BTG-1	termalna	09.06.2021	15.06.2026
5	Chochołów	Chochołów GT-1	termalna	04.10.2021	15.11.2022
6	Krynica-Zdrój	Krynica GT-2	termalna	16.07.2020	30.07.2025
7	Miękinia	Miękinia GT-1	termalna	22.11.2019	22.11.2024
8	Rabka	Rabka GT-1	termalna	23.10.2019	23.10.2024
9	Szaflary	Szaflary PGP-6	termalna	26.03.2021	31.03.2026
10	Szaflary	Bańska PGP-4	termalna	10.12.2021	10.12.2026
11	Tarnów	Tarnów GTAS-1	termalna	25.03.2021	24.04.2026

5.2.1 Wody termalne Podhala

Podhale należy do najbardziej perspektywicznych rejonów dla wykorzystania energii geotermalnej w Polsce. Posiada bardzo dobre warunki złożowe i eksploatacyjne – odpowiednią bazę dla ciepłownictwa, rekreacji, balneoterapii oraz innych zastosowań.

Historia geotermii pod Tatrami rozpoczęła się już w roku 1844, kiedy to Ludwik Zejszner opisał odkryte przez siebie na Jaszczurówce, w Zakopanem, źródło o temperaturze 20,4°C. W roku 1963 wody termalne o temperaturze 37°C uzyskano po raz pierwszy z otworu wiertniczego, wykonanego w Zakopanem, na Antałówce. Utwory wodonośne zalegają na głębokości od kilkuset metrów do 1,5 km w rejonie Zakopanego i od 2,5 do 3,5 km. W północnej części Podhala w rejonie Bańskiej Niżnej i Chochołowa. Temperatura wód zmienia się w zakresie od 20 do 40°C w rejonie przytatrzańskim poprzez około 60°C w rejonie Furmanowej, Poronina, Bukowiny Tatrzańskiej i ponad 80°C w rejonie Białego Dunajca i Bańskiej, a nawet do około 90°C w rejonie Chochołowa.

Wgłębną budowę geologiczną, warunki hydrogeologiczne i geotermalne niecki podhalańskiej i jej mezozoicznego podłoża rozpoznano m.in. za pomocą badań w otworach wiertniczych. Na podstawie CBDG można stwierdzić, że w rejonie powiatu tatrzańskiego (~Podhala) do roku 2022 wykonano 26 otworów, z czego 17 o głębokości przekraczającej 500 m. Większość z nich potwierdziła występowanie wód termalnych. Kilka otworów jest w trakcie realizacji.

Wody geotermalne stwierdzono w utworach węglanowych eocenu numulitowego (głównie Zakopane IG-1, Zakopane 2, Bańska IG-1, Bańska PGP-1, Szymoszkowa GT-1) oraz w węglanowych utworach mezozoicznych (głównie triasu środkowego: otwory Poronin PAN-1, Biały Dunajec PGP-2, Biały Dunajec PAN-1, Bańska IG-1, Bańska PGP-1, Chochołów IG-1,

Bukowina Tatrzańska PIG/PNiG-1, Białka Tatrzańska GT-1), a także w utworach marglistych i silikoklastycznych dolnej jury (otwory: Zakopane IG-1, Furmanowa IG-1) jednostek reglowych (Kępińska, Wieczorek, 2011).

System geotermalny niecki podhalańskiej budują dwa podstawowe elementy geologiczno-strukturalne:

- formacja paleogenu złożona z fliszu podhalańskiego (eocen górny – oligocen) oraz z podścielająca go serii eocenu węglanowego (eocen środkowy – górny). Eocen węglanowy (zwany tez numulitowym) stanowi stropowy fragment skał zbiornikowych wód geotermalnych (którymi są głównie serie triasu środkowego), natomiast flisz podhalański stanowi pokrywę geotermalnych poziomów wodonośnych, cechującą się słabą wodonośnością, ograniczoną do 80-100 m w partiach przypowierzchniowych (Chowaniec, 2002). Seria paleogenu osiąga miąższość do 2,5-3,2 km;
- formacje mezozoiczne (trias dolny – jura – kreda środkowa) zawierające poziomy wód geotermalnych. Jak wykazały wiercenia, osiągają one grubość ponad 2,5 km.

Poniżej serii mezozoicznych mogą znajdować się formacje starsze, które dotychczas nie zostały stwierdzone w wierceniach, znane są natomiast z odsłonięć w Tatrach, są to przede wszystkim karbońskie granitoidy i serie metamorficzne trzonu krystalicznego. Możliwe jest, że serie podścielające zostaną rozpoznane planowanym głębokim (7 km) otworem **Bańska PGP-4.**

Mineralizacja omawianych wód jest niska, w zakresie od kilku dziesiątych g/dm^3 do ok. 3 g/dm^3 (Tabela 5.5). Są to wody słodkie, akratopegi oraz wody mineralne o odczynie pH od słabo kwaśnego do słabo zasadowego (6,7-7,3). Typ hydrochemiczny zmienia się generalnie od wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowego i wodorowęglanowo-wapniowo-sodowego w południowej części systemu poprzez typy pośrednie do siarczanowo-chlorkowo-sodowo-wapniowego w północnej części systemu (Witczak 1999; Chowaniec 2009; Kępińska, 2001; 2011).

Parametry hydrogeologiczne, eksploatacyjne i typy chemiczne podhalańskich wód termalnych w niecce podhalańskiej przedstawiono w Tabela 5.5.

Tabela 5.5 Parametry hydrogeologiczne, eksploatacyjne i typy chemiczne podhalańskich wód termalnych (Chowaniec, 2009; 2011 uzupełnione)

Nazwa otworu Głębokość otworu [m]	Charakterystyka piętra wodonośnego						
	Straty - grafia	Strop Spąg [m]	Głębokość do zwierciadła wody [m]		Wydajność Depresja	Temp. na wypływie Zas. ekspl.	Suma składników stałych Typ wody
			[ppt]	[npm]	[m^3/h] [m]	[^{o}C] [m^3/h]	[g/dm^3] [-]
Chochołów PIG-1 3572	T	3218 3572	+160,0	938,0	190,0 150,0	82 190	1,24 SO_4-Ca-Na
Siwa Woda IG-1 856	Pg, T	625 >856	+55,0	975,0	3,95 55,0	20 4,0	0,42 HCO_3-SO_4-Mg-Na
Furmanowa PIG-1 2324	Pg, J	2003 2324	105,0	905,0	96,0 27,5	60,5 90	0,58 HCO_3-Na-Ca
Zakopane IG-1 3073	J	1540 >1550	+45,0	909,9	169,2 45	37 50	0,363 HCO_3-SO_4-Ca-Mg-Na
Zakopane 2 1113	J	1090,5 >1113	+50,0	921,2	273,0 47,5	26 80	0,326 HCO_3-Ca-Mg
Poronin PAN-1	T	1768	+180,0	921,0	90,0	63	1,14

3003		1917			150,0	90	SO_4-HCO_3-Cl-Na-Ca
Biały Dunajec PAN-1 2394	Pg, T	2117 2394	+210,0	895,0	270,0 220,0	82 otw. chłonny	2,62 SO_4-Cl-Na-Ca
Bańska IG-1 5261	Pg, T	2565 >2656	+270,0	949,0	120,0 185,0	82 120,0	2,69 SO_4-Cl-Na-Ca
Bańska PGP-1 3242,0	Pg, T	2731,0 3240,0	+261,0[a)]	933,3	180,0 30,0	86 550,0	3,12 SO_4-Cl-Na-Ca
Biały Dunajec PGP-2 2450	Pg, T	2083 2450	+240,2[a)]	922,9	175,0 247,0	86 otw. chłonny	2,7 SO_4-Cl-Na-Ca
Zazadnia IG-1 680	Pg	665 >680	+90,0	945,2	29,6 60,0	22 25,1	0,19 HCO_3-SO_4-Ca-Mg
Bukowina Tatrzańska PIG/PNiG-1 3780	T, J	2390 2605	50,5	906,5	58,0 117,5	64,5 40,0	1,49 SO_4-Cl-Ca-Na
Bańska PGP-3	?						
Białka Tatrzańska GT-1	?						
	?						

Uwaga: [a)] wysokość zwierciadła wody przeliczona na temperaturę 20°C

Zasoby dyspozycyjne wód geotermalnych niecki podhalańskiej z utworów trzeciorzędu i mezozoiku zostały określone na 983,33 m3/h dla obszaru zasobowego o powierzchni 350 km^2 i obszaru alimentacji (Tatry) o powierzchni 200 km2 (Chowaniec i in., 1997). Ponownie, w 2011 roku, zostały udokumentowane zasoby niecki podhalańskiej (dla obszaru 445 km2) w ilości 980,08 m3/h.

Równocześnie zasoby eksploatacyjne łączne dla 10 złóż wód termalnych w niecce podhalańskiej (stan na 31.12.2021 r.) wyniosły 1 706,1 m3/h (Szuflicki, Malon, Tymiński (red.) i in., 2022). Suma zasobów eksploatacyjnych czynnych ujęć wód termalnymi zlokalizowanych na obszarze niecki podhalańskiej przekracza oszacowane zasoby dyspozycyjne, co wskazywałoby, że zasoby dyspozycyjne wód termalnych w niecce zostały sczerpane!

5.2.2 Perspektywiczne zbiorniki wód termalnych Karpat fliszowych i ich permo-mezozoicznego podłoża

Parametry zbiornikowe pokrywy fliszowej w Karpatach zewnętrznych są generalnie słabo rozpoznane. Lepsze własności zbiornikowe związane są z grubymi seriami piaszczystymi w obrębie fliszu. W zachodniej części polskich Karpat zewnętrznych flisz piaszczysty reprezentowany jest między innymi przez dolne i górne piaskowce istebniańskie oraz piaskowce ciężkowickie płaszczowiny śląskiej, jak również piaskowce magurskie płaszczowiny magurskiej. Za utwory nieprzepuszczalne powszechnie uważane są grube serie łupkowe warstw wierzowskich płaszczowiny śląsko-podśląskiej oraz późokredowe i eocenśkie łupki i margle pstre wszystkich płaszczowin. Pomiędzy skrajnie piaszczystymi i łupkowymi facjami fliszu zawarta jest szeroka gama formacji piaskowcowo-łupkowych i łupkowo-piaskowcowych o zróżnicowanym procentowym udziale obydwu facji.

Porowatość i przepuszczalność piaskowców fliszowych są z reguły niskie, z wyjątkiem piaskowców ciężkowickich i częściowo górnych piaskowców istebniańskich. Z badań hydrogeologicznych wiadomo, iż własności zbiornikowe utworów fliszowych szybko pogarszają się z głębokością i poniżej 150-200 m są one praktycznie nieprzepuszczalne

(Oszczypko i in., 1981; Kania i in., 2010). Na większych głębokościach, gdzie mogą występować wody geotermalne, korzystniejsze własności zbiornikowe mogą być związane tylko ze strefami silnie tektoniczne spękanymi. Warunki takie mogą się pojawiać w strefach silnie tektonicznie zdyslokowanych, na przykład w płaszczowinie dukielsko-grybowskiej pod nasunięciem magurskim.

5.2.3 Zewnętrzne Karpaty fliszowe

Zewnętrzne Karpaty fliszowe zajmuje niemal 70% powierzchni województwa małopolskiego, lecz jego znaczenie dla geotermii jest drugorzędne (Chowaniec, Poprawa, Witek, 2001; Barbacki i in, 2006; Górecki (red.), Hajto, 2011).

W Karpatach zewnętrznych wody geotermalne występują zarówno w utworach fliszowych, jak i w skałach ich podłoża. Parametry hydrogeologiczne skał Karpat zewnętrznych są jednak zdecydowanie odmienne od parametrów utworów zawierających wody geotermalne w niecce podhalańskiej. Wody termalne na tym obszarze są rozpoznane jedynie punktowo - nielicznymi otworami, a skomplikowana budowa geologiczna ogranicza uzyskanie większych wydajności. Wody występują w niewielkich zamkniętych strukturach, gdzie brak jest ciągłości parametrów zbiornikowych, co ogranicza rozmiar stref akumulacji. Wszystko to znacząco ogranicza perspektywy dla szerokiego wykorzystania wód fliszowych termalnych. Dotychczas wody geotermalne z utworów fliszu uzyskano w otworach w Skomielnej Białej, Rabce i Porębie Wielkiej (pow. limanowski). Temperatury wód osiągały na wypływach od 24 do 42°C.

Wody termalne ujęte są otworem Rabka IG-2 (głębokość końcowa 1 215 m) wykonanym w latach 1980-1981. Zasoby eksploatacyjne ujęcia wód o temperaturze na wypływie 28°C i wysokim ciśnieniu statycznym na głowicy 100 at (co spowodowane jest obecnością metanu w wodzie) określono na 4,5 m^3/h. Jest to woda typu Cl-Na, I o mineralizacji 26,4 g/dm^3. Woda geotermalna z ujęcia Rabka IG-2 jest eksploatowana okresowo przez zwężkę 2 mm, z wydajnością 0,5-0,8 m^3/h (dla tych wydajności temperatura na wypływie wynosi ok. 17°C – czyli nie termalna.

Wiercenie otworu poszukiwawczo-złożowego Skomielna Biała-1 (nr CBDG: 111614), zakończono w 1954 roku. Otwór osiągnął głębokość końcową 1 500,5 m i dowiercił się do utworów fliszowych wieku kreda-oligocen, wykształconych w formie tzw. warstw krośnieńskich. Utwory te są skałami zbiornikowymi dla wód mineralnych w rejonie Rabki – Zdroju. W trakcie wiercenia otworu Skomielna Biała 1, na głębokości 1 487 m uzyskano przypływ wód chlorkowych, o mineralizacji 11,1 g/L, które na wypływie charakteryzowały się temperaturą 38°C (Chowaniec, 2009; Hajto i in., 2011).

W powiecie limanowskim najkorzystniejsze parametry występują w rejonie Poręby Wielkiej gm. Niedźwiedź – powiat limanowski. W odwierconym w 1975 r. otworze badawczym Poręba Wielka IG-1 ujęto wody termalne o temperaturze na wypływie 42°C. Fliszowe piętro wodonośne tworzy zespół warstw wodonośnych zbudowanych głównie z piaskowców, mułowców i łupków. Koncesję na wydobywanie wód z obszaru Poręba Wielka pod koniec 2013 r. uzyskała firma Gorczańskie Wody Termalne Sp. z o.o. Wody te spółka planuje zagospodarować przez realizację inwestycji, jaką jest budowa kompleksu basenów termalnych wraz z hotelem w Porębie Wielkiej. Zasoby eksploatacyjne oszacowano na 16,1 m^3/h. Zbiornik geotermalny stanowią skały fliszu paleogen-kreda ujęte w interwale gł. 1 804-2 002,4 m. Woda termalna tutaj jest wodą chlorkowo wodorowęglanowo -sodowym, jodkową termalną Cl -$HC0_3$-Na (J, T). Woda z otworu Poręba Wielka IG-1 została zakwalifikowana jako woda lecznicza, swoista zawierająca o mineralizacji 23,5 g/dm^3 (Szuflicki i in., 2022).

W 2011 r. w rejonie Krynicy Zdroju odwiercono otwór poszukiwawczy Czarny Potok GT-1 głębokości końcowej 2 853,3 m. Otwór nawiercił utwory oligocenu tzw. warstw grybowskich – niestety nie stwierdzono przemysłowego przypływu wód termalnych.

W powiecie gorlickim w 2020 r. odwiercono otwór badawczy Sękowa GT-1 o głębokość końcowej 3 000 m. Spodziewano się uzyskać z utworów fliszowych wody termalne o temperaturze ok. 60°C i wydajności 40-70 m^3/h. Niestety wyniki wiercenia nie potwierdziły przewidywanych parametrów ujęcia – nie znaleziono wód termalnych.

Poprawę warunków hydrogeologicznych utworów fliszowych w powyższych lokalizacjach należy wiązać z uwarunkowaniami tektonicznymi i diagenetycznymi. Lepsze parametry filtracyjne utworów fliszowych mogą występować w strefach nasunięć różnych jednostek tektonicznych (Barbacki i in., 2006; Howaniec, 2009; Hajto i in., 2011).

Nieco lepsze warunki występowania wód geotermalnych istnieją w podłożu Karpat zewnętrznych, gdzie wody termalne występują np. w spękanych i skrasowiałych dolomitach i wapieniach dewońskich oraz zlepieńcach miocenu pod nasunięciem karpackim.

Na wschód od Myślenic podłoże Karpat reprezentowane jest głównie przez mioceńskie i mezozoiczne kompleksy należące do kontynuujących się tutaj jednostek zapadliska przedkarpackiego i niecki miechowskiej.

W rejonie Dobczyc i Sieprawia (pow. myślenicki) oraz Łąkty, Wiśnicza Nowego, Połomia Dużego, Kamyka (pow. Bochnia) pod fliszem karpackim, miocenem autochtonicznym i senonem, zalega piaszczysty horyzont cenomański kontynuujący się z obszaru niecki miechowskiej, wykazujący tu jednak mniej korzystne parametry geotermalne niż na obszarze niecki miechowskiej czy zapadliska przedkarpackiego.

Kompleks cenomanu przykryty jest tu marglami górnej kredy (senon) i piaszczystymi utworami miocenu, a jego głębokość w tej strefie zmienia się od 1 500 – 1 900 m (rejon Dobczyc) do 2 300 m w rejonie Łąkty, gdzie temperatury wód oceniono na około 70°C (Barbacki i in., 2006). Wodonośny poziom senonu występuje w rejonie niecki miechowskiej, gdzie temperatury wód osiągają wartości od 10 do ok. 35°C (Barbacki, 2006). W rejonie otworu Książ Wielki IG-1 z utworów kampanu (gł. 200 – 206 m) uzyskano przypływ wód o temperaturze 15°C.

Poniżej, pod utworami jury górnej zalega piaszczysty horyzont **doggerski (jura środkowa),** który również posiada dość korzystne parametry geotermalne w ww. strefie Dobczyc i Sieprawia. Lokalność parametrów zbiornikowych i nieduże wydajności obniżają jednak jego atrakcyjność dla geotermii. Utwory doggeru o korzystnych parametrach zbiornikowych występują w rejonie Jadownik, Wiśnicza Nowego i Leszczyn (pow. bocheński). W rejonie powiatu miechowskiego, w otworze Trzonów 2 z utworów doggeru zalegających na gł. 1 010-1 015 m uzyskano przypływ 3,6 m^3/h wód o temperaturze 35,5°C (Barbacki, Kazanowska, 2001). W strefie karpackiej największy obszar zajmują wody chlorkowo-wapniowe, które skoncentrowane są wzdłuż linii nasunięcia karpackiego i na południe od niej. Mineralizacja waha się tutaj od około 20 do stukilkudziesięciu g/dm^3. Najniższą mineralizację stwierdzono w strefie otworu Raciborsko 3 (12,4 g/dm^3), a najwyższą w strefie Brzesko-Jadowniki (130-150 g/dm^3). W strefie Dobczyc występują wody węglanowo-magnezowe o mineralizacji pomiędzy 12,4 g/dm^3 (otwór Raciborsko 3) i 26,2 g/dm^3 (otwór Raciborsko 1A) (Barbacki, 2011c).

W części zachodniej Karpat na obszarze powiatu wadowickiego i suskiego podłoże Karpat budują utwory mioceńskie i paleozoiczne (głównie dewońskie i karbońskie), których wodonośność jest niska a wydajność otworów nie przekracza kilku m^3/h (rejon Suchej, Potrójnej). W tym rejonie w otworze Potrójna IG-1 z interwału 2 150-2 169 m p.p.t. (stropowe

partie karbonu górnego) zanotowano przypływ 5,1 m^3/h wody zmineralizowanej ze śladami gazu. W interwale tym temperatury złożowe kształtują się w granicach 60-65°C. Zwierciadło stabilizowało się na głębokości 35,5 m p.p.t., a ciśnienie piezometryczne wynosiło 20,5 MPa (Chowaniec i in., 2001; 2003; Chowaniec, 2009; Górecki (red.) Hajto i in., 2011; Hajto, 2011). Wydaje się, że zbiornik górnokarboński w strefie karpackiej (przynajmniej w skali lokalnej) może stwarzać perspektywy dla wód termalnych.

Przypływy z utworów karbońskich obserwowano również w strefie karpackiej, gdzie w otworze Głogoczów IG-1, gdzie maksymalna porowatość efektywna utworów karbonu dolnego wynosiła 20,36% (Oszczypko, 1981). Temperatury złożowe utworów dewonu i karbonu węglanowego strefy karpackiej zmierzone w otworze Głogoczów IG-1 wynosiły odpowiednio: dewon środkowy (interwał głębokościowy 1 800-2 500 m) temperatury w zakresie 53-68°C, karbon dolny (gł. 1 200 m) temperatura 42°C (Chowaniec, 2003).

W podłożu Karpat fliszowych korzystne własności zbiornikowe posiadają nie tylko serie zlepieńcowo-piaskowcowe kambru, dolnego dewonu, jury środkowej, cenomanu i miocenu (zlepieńce ze Stachorówki i piaskowce dębowieckie), lecz także krasowo-szczelinowe skały węglanowe dewonu środkowego i jury, związane z kopalnymi powierzchniami erozyjnymi (Oszczypko, 1981; 1983).

Nierozdzielone stratygraficznie węglanowe skały osadowe dewonu środkowego i górnego (D2+D3) udokumentowano w większości otworów wschodniej części Krakowa i Niepołomic. W rejonie Przylasku Rusieckiego utwory dewonu o miąższościach przekraczających 1 000 m przewiercono w otworach: Wyciąże 1 oraz Wyciąże 4 (Buła, Habryn, 2010). Najbardziej zmineralizowane solanki dewońskie nieopodal Krakowa, o mineralizacji 167,7–185,7 g/dm^3 stwierdzono w rejonie otworów Niepołomice 11 i Grobla 28 (Jachowicz-Zdanowska, Buła, 2010). Zgodnie z formułą Altowskiego-Szwieca będą to prawdopodobnie wody zbliżone do typu: Cl-Na-Ca (J, T), Cl-Na (J, T), płycej mogą występować wody typu: SO4-Cl-Na-Ca-Mg (J, T), lub SO4-Cl-Ca-Na-Mg (J, T).

Stosując ujednolicone kryteria oceny parametrów petrofizyczno-pojemnościowych, hydrogeologicznych i termicznych dla utworów fliszowych wydzielono następujące obszary perspektywiczne dla poszukiwań wód geotermalnych (Hajto i in., 2011):

A) Myślenic – w strefie czołowej nasunięcia płaszczowiny magurskiej:
- – interwał głębokościowy 2 000 – 2 500 m p.p.m.;
- – interwał głębokościowy 1500 – 2000 m p.p.m.;

B) Ciężkowic – w strefie czołowej nasunięcia płaszczowiny śląskiej:
- – interwał głębokościowy 2000 – 2500 m p.p.m.

Mineralizacja ogólna wody z utworów fliszowych zmienia się w bardzo szerokim zakresie od ok. 2 do ponad 170 g/dm^3. Są to więc wody słonawe, słone i solanki, a dominującym typem chemicznym wody według klasyfikacji Altowskiego-Szwieca jest Cl-Na, podrzędnie Na-Cl-HCO_3. Są a to najczęściej wody bardzo twarde i twarde, o odczynie słabo zasadowym. Pośród mikroelementów zwracają uwagę stężenia jodków i bromków, których wartości średnie wynoszą 21 i 97 mg/dm^3. Wartości średnie mineralizacji dla przyjętych przedziałów głębokości nie wykazują zależności korelacyjnej wraz głębokością.

Rozważając możliwości wykorzystania wód geotermalnych rejonu Karpat zewnętrznych w balneoterapii i rekreacji trzeba stwierdzić, że wszystkie takie wody udokumentowane dotychczas otworami wiertniczymi można wykorzystać do celów rekreacyjnych i/lub leczniczych. Są one odpowiednie szczególnie do napełniania basenów kąpielowych. Wody Karpat zawierają szereg składników swoistych, głównie CO_2, H2S, H_2SiO_3, F^-, Fe^{2+} oraz I^-. Wody

geotermalne z obszaru zewnętrznych Karpat (głównie chlorkowe) kwalifikują się do wykorzystania w balneoterapii i rekreacji, tym bardziej że istnieje ogromne zapotrzebowanie, szczególnie na baseny kąpielowe. W rejonach, gdzie udokumentowano te wody, brak jest jednak dotychczas infrastruktury rekreacyjnej czy też balneotechnicznej (Sucha Beskidzka, Skomielna Biała, Poręba Wielka).

5.2.4 Obszar zapadliska przedkarpackiego

Zapadlisko przedkarpackie jest asymetryczną strukturą, wypełnioną morskimi osadami molas mioceńskich (miocen autochtoniczny), o miąższości od kilkuset do około 3 000 metrów, w postaci sekwencji łupków, mułowców i piaskowców. Zapadlisko przedkarpackie genetycznie związane z najmłodszą jednostką geologiczną Polski – Karpatami fliszowymi. Południowa granica zapadliska przedkarpackiego wyznaczona jest przez krawędź nasuniętych Karpat, chociaż zróżnicowane miąższości utworów mioceńskich występują również pod nasunięciem karpackim, w podłożu, którego występują starsze – zasobne w wody, utwory mezozoiczno-paleozoiczne. Maksymalne miąższości utworów miocenu występują na południu, u czoła nasunięcia karpackiego i maleją ku północy.

Wodonośne, często termalne wody stwierdzono w strukturach będącym przedłużeniem mezozoicznych kompleksów niecki miechowskiej i monokliny śląsko-krakowskiej. Lokalnie wody te występują również w głębszych horyzontach paleozoicznych (karbon, dewon) jak np. w rejonie Łapczycy i Krakowa.

Osady **miocenu** na terenie województwa małopolskiego poczynając od zachodu pokrywają: wschodnią część zapadliska górnośląskiego, południową część monokliny śląsko-krakowskiej oraz południowo-wschodnią część niecki miechowskiej. Znaczenie wód w osadach miocenu dla geotermii jest drugorzędne. O ile na północ od linii nasunięcia karpackiego obniża je płytkie zaleganie tych utworów, to w samej strefie nasunięcia miocen wykazuje wyraźną lokalność cech zbiornikowych (Barbacki i in., 2006). Przypływy i samowypływy wód z utworów miocenu obserwowano głównie w otworach z rejonu na wschód od Krakowa (rejon Dąbrowy Tarnowskiej, Grobli, Rzezawy, Bochni). Maksymalne temperatury występujących tutaj wód oszacowano na około 35°C.

Potencjalne horyzonty wodonośne wód termalnych miocenu zapadliska przedkarpackiego usytuowane są ponad paleozoiczno-mezozoicznymi zbiornikami podłoża platformowego. Na północ od brzegu Karpat zbiorniki mioceńskie są otwarte i w ograniczony sposób hydraulicznie powiązane z czwartorzędowymi zbiornikami wód podziemnych, natomiast na południu ekranowane nasunięciem karpackim. Ze względu na znaczne miąższości miocenu (lokalnie powyżej 3 000 m), a także dużą zmienność wykształcenia poszczególnych wydzieleń stratygraficznych potencjał geotermalny oszacowano w odniesieniu do interwałów głębokościowych co 500 m (Górecki (red.), Sowiżdżał i in., 2012). Zmienność parametrów wód geotermalnych poszczególnych interwałów zbiornika miocenu przedstawia Tabela 5.6.

Tabela 5.6 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych zbiornika miocenu (na podst. Górecki (red.), Sowiżdżał i in., 2012)

Interwał głębokościowy [m p.p.m.]	Temperatura [°C]	Mineralizacja [g/dm³]	Wydajność [m³/h]
500 – 1 000	30 – 40	50 – pow.150	do około100

1 000 – 1 500	40 – 60	do 150	do około 30
1 500 – 2 000	50 – 60	do ok. 200	niskie, sporadycznie 20–30
2 000 – 2 500	0 – pow.70	do ponad 300	rzędu kilku
2 500 – 3 500	80 – 100	wysoka, lokalnie przekraczająca 300	do około 20

W przeważającej części zbiornika mioceńskiego występują wody typu Cl-Na lub Na-Cl, miejscami zaznacza się obecność wód typu Cl-HCO_3-Na lub Cl-Na-Ca (Górecki (red.) Sowiżdżał, 2012). W przeważającej większości wody pobrane z różnych głębokości w obrębie jednego otworu wiertniczego charakteryzowały się tym samym typem chemicznym. W wodach poziomu mioceńskiego na obszarze zapadliska przedkarpackiego stwierdzono występowanie składników istotnych pod kątem leczniczego zastosowania tych wód. Jodki występują w ilościach od prawie 0,1 do ponad 400 mg/dm^3. Średnie stężenie jonów jodu dla analizowanych próbek wyniosło 21 mg/dm^3. Stężenie bromków może lokalnie wynosić ponad 200 mg/dm^3 – średnio 80 mg/dm^3.

Poza zbiornikiem mioceńskim występowanie wód termalnych w rejonie zapadliska przedkarpackiego związane jest z: węglanowymi utworami **dewonu i karbonu** w zachodniej części zapadliska, **piaskowcowymi utworami jury środkowej** w rejonie rozciągającym się na południowy i północny-wschód od Lubaczowa, w **węglanowych utworach jury górnej** (rejon na południe od Brzeska - pod nasunięciem Karpat), a także **w piaskowcach cenomanu** w rejonie Bochni i Brzeska. To właśnie ze zbiornikiem cenomanu związane są najwyższe potencjalne wydajności otworów wiertniczych, przekraczające 200 m^3/h. Jest to ewenement w tym rejonie, ponieważ prawie na całym obszarze zapadliska, w większości zbiorników geotermalnych przewidywane są wydajności rzędu kilku, sporadycznie kilkudziesięciu m^3/h, jednak nieprzekraczających 60 m^3/h, co stanowi duży problem w kontekście zagospodarowania zasobów geotermalnych do celów ciepłowniczych (Barbacki i in., 2006; Sowiżdżał, 2015; Górecki (red.), Hajto i in., 2012; Górecki (red.), Sowiżdżał i in., 2012). W strefie centralnej zbiornika i na południe od rejonu Słomnik, aż po rejon Niepołomic występują wody siarczanowo-sodowe (SO_4-Na), które obejmują największy obszar zbiornika i charakteryzują się niską mineralizacją.

Niskie wydajności wód z otworów wiertniczych prawie we wszystkich zbiornikach hydrogeotermalnych są podstawowym problemem w rejonie zapadliska przedkarpackiego.

Wyjątek stanowi **zbiornik cenomanu,** gdzie prawie na całym obszarze jego występowania należy spodziewać się wysokich wydajności. Korzystne parametry geotermalne wód cenomańskich występują w takich rejonach jak: rejon Niepołomic, Grobli, Kocmyrzowa, Bochni, Brzeźnicy (pow. Bocheński) i Brzeska (szczególnie korzystne parametry geotermalne występują w rejonie Rzezawy – 66 m^3/h, samowypływ z głębokości ok. 1 100 m). Strefa bardzo dobrych warunków geotermalnych w obrębie kompleksu cenomańskiego kontynuuje się od obszaru gminy Rzezawa na północ poprzez gminę Szczurowa (powiat Brzesko) w kierunku Koszyc (powiat Proszowice). Strefa ta obejmuje również rejon Woli Rogowskiej (powiat tarnowski). Najpełniej rozwinięte osady cenomanu występują wzdłuż centralnej strefy zbiornika biegnącej przez miejscowości: Węgleszyn, Jędrzejów, Kazimierza Wielka, Koszyce, Szczurowa i dalej pomiędzy Bochnią a Brzeskiem w kierunku Połomia. Przebieg tej strefy pokrywa się z największymi miąższościami utworów cenomanu. Głębokość horyzontu cenomańskiego na obszarze zapadliska waha się od 200 m w rejonie Kocmyrzowa do 1 000 m w rejonie Rzezawy, co warunkuje relatywnie niskie przewidywane temperatury wód

w tym rejonie (od 20°C do 30°C – Barbacki, Kazanowska, 2001). Najbardziej perspektywiczne rejony w obrębie zbiornika cenomańskiego dla rozwoju geotermii to rozległa osiowa część zbiornika pomiędzy Jędrzejowem a Bochnią, gdzie temperatury wód wynoszą 30-35°C, występują warunki artezyjskie, a wydajności wód często przekraczają 50 m^3/h. Perspektywy wykorzystania wód geotermalnych zbiornika cenomańskiego występują także w rejonie Brzeska.

Korzystne własności zbiornikowe zbiornika **cenomanu** potwierdziły wyniki wiercenia Cudzynowice GT-1, który zlokalizowano w rejonie Kazimierzy Wielkiej – województwo świętokrzyskie. W 2015 r. z otworu o głębokości 750 m uzyskano samowypływ wody mineralnej 1,5% typu chlorkowo-siarczanowo-sodowego, siarczkowej, jodkowej, o temperaturze 28,6°C. Ustalone zasoby eksploatacyjne określone na podstawie interpretacji wyników pomiarów wydajności samowypływu dokumentowanego ujęcia wynoszą Q = 82,0 m^3/h. Występujące w rejonie Kazimierzy Wielkiej siarczkowe wody geotermalne posiadają wiele możliwości i perspektyw wykorzystania. Przede wszystkim mogą stanowić interesującą bazę surowcową dla balneoterapii i rekreacji, do zastosowania w zakładach wodolecznictwa zdrojowego oraz w basenach kąpielowych (Wiktorowicz, Nowak, 2016).

Strefy o podwyższonych potencjalnych wydajnościach otworów wiertniczych występują sporadycznie w zbiorniku **środkowej (doggeru)** i **górnej jury (malmu)**.

Utwory **doggeru** przedgórza Karpat posiadają interesujące parametry geotermalne w rejonie Woli Zabierzowskiej k/Niepołomic oraz w wyżej wymienionych rejonach Rzezawy i Brzeźnicy (pow. bocheński), a także w rejonie Racławic. Wydajności tych wód są jednak znacznie niższe aniżeli w przypadku utworów cenomanu (kilkanaście m^3/h), a głębokości horyzontu wodonośnego wahają się od 500 metrów w rejonie Kocmyrzowa do 1 900 metrów w rejonie Brzeźnicy (pow. bocheński). Przewidywane temperatury wód termalnych raczej nie przekraczają 54°C (Barbacki, Kazanowska, 2001b). Na obszarze powiatu tarnowskiego, w rejonie Żabna i Radłowa, szereg otworów naftowych na głębokościach ok. 2 000 m nawierciło zawodnione **piaskowce doggerskie.** Wody wgłębne charakteryzowały się temperaturami do ok. 55°C. Na obszarze zapadliska przedkarpackiego występują wody Na-SO_4 o mineralizacji od kilku do kilkudziesięciu g/dm^3 (otwory Niepołomice 11, Kazimierza Wielka 1). W strefie karpackiej największy obszar zajmują wody Na-Cl, które skoncentrowane są wzdłuż linii nasunięcia karpackiego i na południe od niej. Mineralizacja waha się tutaj od około 20 do stukilkudziesięciu g/dm^3. Najniższą mineralizację stwierdzono w strefie otworu Raciborsko 3 (g/dm^3), a najwyższą w strefie Brzesko-Jadowniki (130-150 g/dm^3). W strefie Dobczyc występują wody HCO_3 -Mg o mineralizacji pomiędzy 12,4 g/dm^3 (otwór Raciborsko 3) i ok. 26 g/dm^3 (otwór Raciborsko 1A).

Profil bajosu górnego (kujawu) i batonu budują głównie osady piaskowcowe i mułowcowo-ilaste. Własności zbiornikowe serii piaskowcowych kujawu są średnie, lecz lokalnie bardzo dobre, jak np. w zatoce gdowskiej (rejon Liplas-Jawczyce) oraz w rejonie Myślenic (Borzęta, Dobczyce, Raciborsko), gdzie stwierdzono maksymalne wartości porowatości efektywnej powyżej 20%, przy najczęściej występujących około 10% (Barbacki, 2011c).

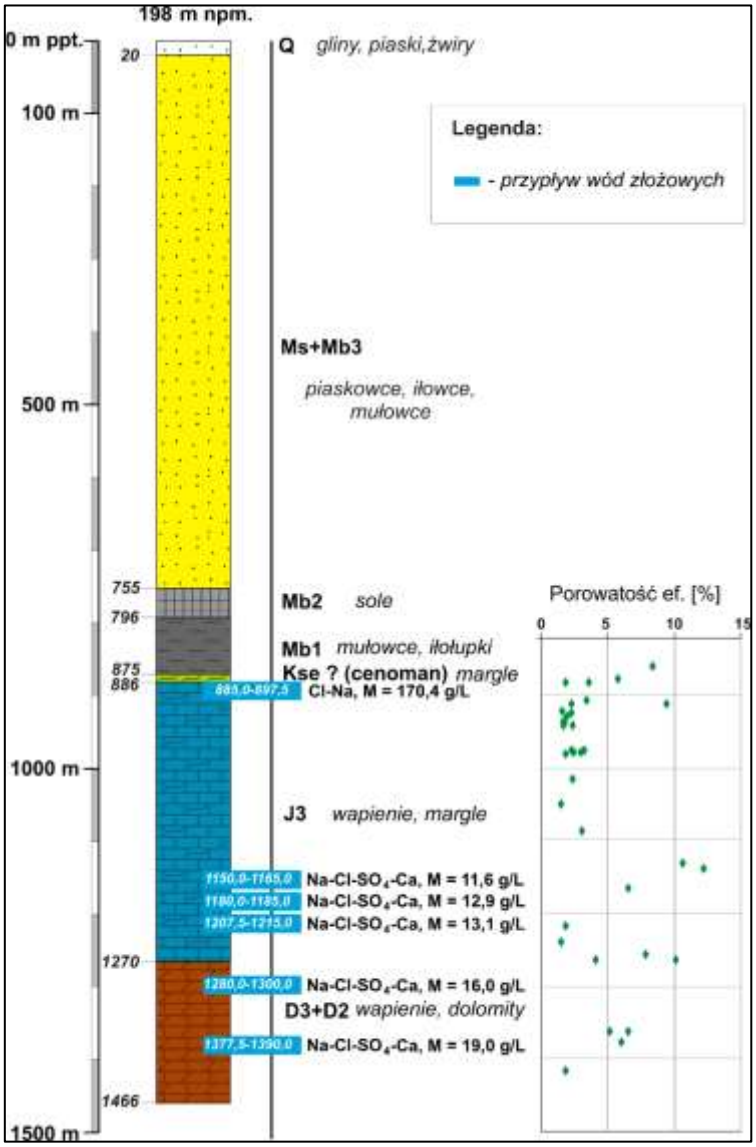
Korzystne parametry złożowe stwierdzono również lokalnie w obrębie utworów **jury górnej (malmu)**, które występują na południe od Tarnowa. W Tarnowie, ze względu na charakter litologii i stwierdzone objawy, utwory jury górnej można uznać za potencjalne poziomy wód geotermalnych (miocen ma tutaj słabe parametry zbiornikowe, a utwory dewonu są niedostatecznie rozpoznane).

Analizy wskazują, że wody zbiornika malmskiego występujące na głębokości ok. 2000 m charakteryzują się temperaturami nieprzekraczającymi 55°C i są niestety silnie

zasolone (około 100 g/dm^3). Korzystne parametry geotermalne zbiornika górnojurajskiego występują również w wielu innych strefach, w tym w rejonie Wyciąża, Słomniki-Łuczyce-Zielona-Tropiszów, gdzie duże samowypływy oraz niska mineralizacja umożliwia wykorzystanie wód również do celów konsumpcyjnych (Barbacki, 2002; Barbacki i in., 2006; Górecki (red.), Sowiżdżał i in., 2012).

Zbiornik górnojurajski tworzą skrasowiałe, spękane lub zwietrzałe wapienie oksfordu i kimerydu. Uszczelnienie dolne tworzą przede wszystkim margle keloweju, mułowce i iłowce batonu, margle oksfordu dolnego (Barbacki, 2002). W rejonie zapadliska zbiornik górnej jury, cenomanu i dolnej kredy stanowią wspólny system hydrauliczny (Oszczypko, 1981). Powyższa sytuacja odznaczająca się łącznością hydrauliczną zbiornika cenomańskiego i górnojurajskiego została stwierdzona w rejonie złoża Grobla-Pławowice (na NE od rejonu Bochni). Temperatury wód zbiornika malmu, występujące stropie zbiornika są zmienne w szerokim zakresie od ok. 30 do 70°C.

Temperatury wód termalnych wzrastają w kierunku zapadania stropu utworów - na południe, a w rejonie Cikowic wynoszą ok. 35°C. Profil litologiczno-stratygraficzny otworu Cikowice 1 w Chodenicach, uzupełniony danymi dotyczącymi chemizmu wód oraz porowatością efektywną skał, na podstawie pomiarów laboratoryjnych rdzenia przedstawiono na Rysunek 5.4.



Rysunek 5.4 Profil litostratygraficzny otworu Cikowice 1 (uzupełniony inf. dotyczącymi chemizmu wód oraz porowatością efektywną skał – pom. laboratoryjne)

Wydajności ujęć przekraczających w znacznym stopniu wartości średnie zarejestrowano m.in. w rejonie Bronowic (północno-zachodnia cześć Krakowa). W otworze (RBDH nr 9740147) o gł. 336 m nawiercono wody górnej jury, gdzie wydajność określono na 80 m^3/h, przy depresji 22,8 m oraz Batowic – ujęcie CBDH nr 9730338, gdzie nawiercono wody poziomu jurajskiego na głębokości 223 m p.p.t. uzyskano wydajność 64,2 m^3/h, przy depresji 22,8 m (Hajto i in., 2022).

Znane są również otwory z samowypływami wód z utworów **paleozoiku i triasu** np. w rejonie Niepołomic, Krakowa czy Łapczycy, gdzie wypływy wód termalnych miały miejsce z utworów dewonu, czy w rejonie Radłowa (powiat tarnowski) z samowypływami wód z utworów triasu i Kryspinowa z samowypływami z utworów karbońskich. Strefy te należy uznać za perspektywiczne dla poszukiwań złóż wód termalnych.

W aspekcie możliwości wykorzystania wód geotermalnych **zbiornika triasowego** szczególnie interesująco przedstawia się strefa Pogórskiej Woli (szacowane temperatury złożowe 95°C, zwierciadło wód na poziomie terenu), która stwarza możliwości bezpośredniego wykorzystania wód triasowych dla celów ciepłowniczych. W strefach Radłowa (Radłów 1),

Żabna i Pawęzowa (pow. tarnowski) występują wody o temperaturach około 60°C. Istotnym czynnikiem poszerzającym możliwości wykorzystania wód poziomów triasowych jest potwierdzony balneologiczny charakter tych wód – obecność jonów jodu (Barbacki, 2011d).

Wody zakumulowane w klastycznych utworach karbonu oraz w węglanowych **utworach karbonu i dewonu** lokalnie mogą charakteryzować się korzystnymi parametrami. Wodę w utworach dewońskich stwierdzono w rejonie Kobierzyna w Krakowie, gdzie na głębokości 287 m uzyskano przypływ 17,3 m^3/h wód o temperaturze 17°C, przy czym zwierciadło ustaliło się na głębokości 7,5 m.

Mineralizacja wód węglanowego zbiornika karbonu dolnego i dewonu wskazuje, że występujące tu zwykle wody to paleoinfiltracyjne solanki typu Cl-Na oraz Cl-Na-Ca o suchej pozostałości od kilkudziesięciu do 183 g/dm^3 (Różkowski, 1996), a w rejonie Krakowa ok. 130 g/dm^3 (Hajto i in., 2012).

Zbiorniki dewonu środkowego i górnego jest przedmiotem zainteresowania Miasta Krakowa, gdzie w 2021/2022 r. sporządzono projekt robót geologicznych (otwór Kraków GT-1), który zakładał wykorzystanie powyższego zbiornika do celów ciepłowniczych i być może rekreacyjnych i balneoterapeutycznych (Hajto i in., 2013; Hajto i in., 2022).

Parametry hydrogeotermalne zbiorników triasowych oraz kredowych (z wyłączeniem cenomanu) nie wskazują na możliwości efektywnego zagospodarowania zasobów geotermalnych. W otworze Książ Wielki IG-1, na gł. 965-1 092 m nawiercono wodonośne utwory retyku i wapienia muszlowego, gdzie temperaturę wód oszacowano na ok 31-33°C, jednakże przy znikomych przypływach wód do 3 m^3/h (Barbacki i in., 2006).

Podsumowując należy stwierdzić, że perspektywiczne rejony występowania wód geotermalnych na obszarze zapadliska przedkarpackiego związane są głównie z brzeżną strefą nasunięcia karpackiego i obejmują swym zasięgiem takie miasta jak Bochnia, Brzesko i Tarnów. Podstawowym problemem w rejonie zapadliska przedkarpackiego są niskie wydajności wód z otworów wiertniczych zarówno w zbiornikach miocenu jak i podłoża mezozoiczno-paleozoicznego. Wyjątek stanowi zbiornik cenomanu, gdzie prawie na całym obszarze jego występowania należy spodziewać się wysokich wydajności ujęć, niskich mineralizacji wód występujących zwykle w warunkach artezyjskich.

Na obszarze zapadliska przedkarpackiego (uwzględniając strefę nasunięcia karpackiego) najlepsze parametry do wykorzystania wód do celów ciepłowniczych mają wody w węglanowych utworach dewonu i karbonu w rejonie Suchej Beskidzkiej oraz we wschodniej części Krakowa. W węglanowych utworach jury górnej (rejon na południe od Brzeska – pod nasunięciem Karpat), a także w piaskowcach cenomańskich w rejonie Bochni i Brzeska. W zbiorniku miocenu największy potencjał geotermalny zidentyfikowano w przedziale głębokości od 500 do 1000 m p.p.m. od okolic Tarnowa po linię Przeworsk-Lubaczów na wschodzie zaznacza się kilka rejonów, w których potencjalne wydajności ujęć wód geotermalnych mogą osiągać 30-60 m^3/h (Sowiżdżał, Górecki, 2013).

5.2.5 Obszar niecki miechowskiej

W rejonie niecki miechowskiej kompleksy mezozoiczne wyłaniają się spod utworów miocenu na powierzchnię (zwykle podczwartorzędową). Poziomy doggeru i cenomanu są tutaj szczególnie interesujące dla geotermii. Dotyczy to głównie rejonu Słomnik oraz rejonu Racławic i Trzonowa (powiat miechowski). W powyższych rejonach ujęcia wód zbiornika cenomańskiego, pomimo niskich temperatur (ok. 18°C), odznacza się dużymi wydajnościami

(50 m^3/h). Wody o niskiej mineralizacji (0,2 g/dm^3) występują tutaj pod ciśnieniem artezyjskim (Bujakowski, 2000, 2001).

Rejon Racławic to obszar wyklinowania utworów cenomańskich, gdzie rolę zbiornika geotermalnego przejmują wodonośne utwory doggeru (samowypływy przy niskich mineralizacjach i temperaturach ok. 35°C).

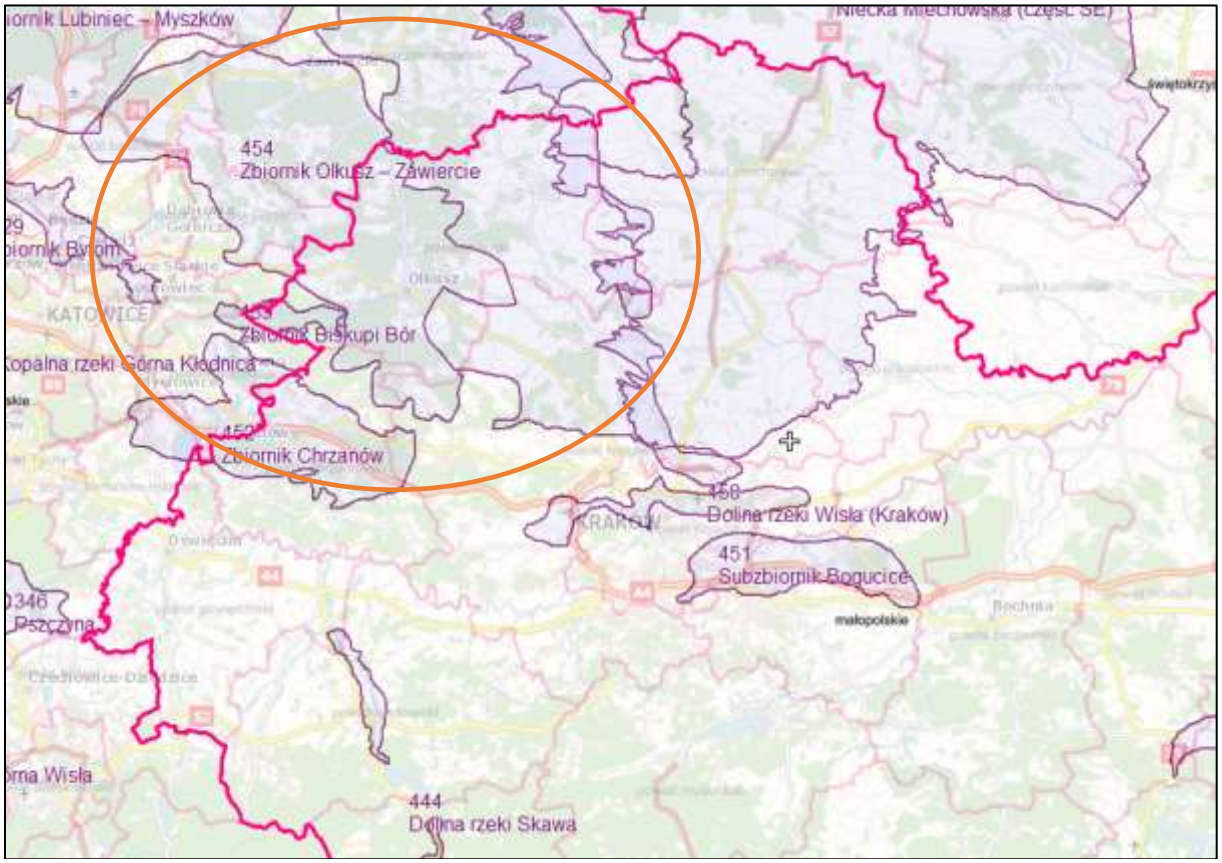
W rejonie niecki miechowskiej perspektywiczne parametry geotermalne mogą występować również w obrębie utworów triasu. Szczególnie interesująco prezentuje się tutaj rejon Książa Wielkiego, Racławic, Uniejowa-Kolonii i Trzonowa, gdzie obserwowano samowypływy wód o temperaturach ok. 40°C (Barbacki i in., 2006).

5.2.6 Obszar zapadliska górnośląskiego i monokliny śląsko-krakowskiej

Obszar ten obejmujący powiaty: oświęcimski, chrzanowski, olkuski oraz zachodnią część powiatu krakowskiego, ze względu na płytkie zaleganie mezozoiku i paleozoiku nie przedstawia większych perspektyw zarówno dla występowania jak i wykorzystania wód termalnych. Generalnie karbon górnośląski (pow. oświęcimski) stanowi zbiornik wód termalnych, jednak o typowo szczelinowym charakterze i trudnej do określenia stabilności parametrów geotermalnych (Barbacki i in., 2006).

Do potencjalnych zbiorników wód termalnych należy zaliczyć tutaj zroby i wyrobiska górnicze zatopione po eksploatacji kopalni, gdzie temperatury wód dochodzą do 45°C (Małolepszy, 2000).

Na obszarze monokliny śląsko-krakowskiej (pow. chrzanowski i olkuski) istnieją potencjalne możliwości pozyskania energii geotermalnej z utworów triasowych (T1/T2) GZWP 452 (Zbiornik Chrzanów) i GZWP 454 (Zbiornik Olkusz-Zawiercie) oraz jury górnej (GZWP 326 – Zbiornik Częstochowa E), tworzących tutaj główne eksploatowane poziomy wód użytkowych (Rysunek 5.5). Zbiorniki te występują relatywnie płytko warunkując niewielkie temperatury wód nie przekraczające 20°C.



Rysunek 5.5 Wycinek mapy lokalizacji głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w rejonie województwa małopolskiego (na podst. https://epsh.pgi.gov.pl/epsh/)

5.3 Metodyka oceny potencjału geotermicznego dla ciepłownictwa

Dla zdefiniowania potencjału geotermalnego wprowadzono definicję potencjału teoretycznego i technicznego. Zaproponowana metodyka była stosowana w wielu opracowaniach, w tym Barbacki i in. (2008).

Potencjał teoretyczny to potencjał istniejący, ale obecnie niemożliwy do pełnego pozyskania na danym etapie rozwoju technologii. Zakłada się tu, że 100% istniejących zasobów energii zostanie wykorzystanych bez względu na występujące uwarunkowania techniczne i ekonomiczne. Informuje więc on jedynie o potencjalnych zasobach energii. Potencjał teoretyczny jest szacowany dla pojedynczego ujęcia eksploatacyjnego na podstawie średniej temperatury i wydajności wód termalnych występujących w obrębie danego zbiornika (T_w w złożu), przy założeniu schłodzenia ich do temperatury T_z = 0°C i przy całorocznym wykorzystaniu pełnej mocy termicznej (CF = 1).

Potencjał techniczny to potencjał do praktycznego wykorzystania na obecnym etapie rozwoju technicznego, przy istniejących obecnie technologiach energetycznych. Szacowany jest na podstawie średniej temperatury i wydajności wód termalnych występujących w obrębie danego zbiornika przy schłodzeniu wód do temperatury T_z = 5°C w systemach pomp ciepła, przy wartości współczynnika rocznego wykorzystania mocy cieplnej CF = 0,5. Do obliczeń potencjału technicznego za T_w przyjmuje się temperaturę na wypływie. Wielkość potencjału można wyrazić uproszczonymi wzorami:

Moc ujęcia:

$$P_t = 0{,}0012 \cdot Q \cdot (T_w - T_z)\ [MW]$$

Energia cieplna możliwa do wyprodukowania w ciągu roku z uwzględnieniem współczynnika rocznego wykorzystania mocy CF:

$$W_t = CF \cdot P_t \cdot 8760\ [MWh] = CF \cdot\ P_t \cdot 8760 \cdot 0{,}0036 =$$
$$= \ CF \cdot P_t \cdot 31{,}54 \left[\frac{TJ}{rok}\right]$$

gdzie:

P_t – moc termiczna ujęcia [MW],

W_t – energia cieplna z ujęcia [TJ/rok],

T_w – temperatura wód term. (w złożu – dla pot. teoretycznego oraz na wypływie – dla pot. technicznego) [°C],

T_z – temperatura wód zużytych (po odebraniu ciepła) [°C],

Q – wydajność ujęcia wód termalnych (szacowana wydajność) [m3/h],

8 760 – ilość godzin w roku [h/rok],

0,0036 – przelicznik MWh na TJ,

0,0012 – przelicznik jednostek z uwzględnieniem gęstości oraz pojemności cieplnej właściwej wody,

CF – współczynnik obciążenia instalacji geotermalnej w roku ($CF = 1$ – całoroczne wykorzystanie, CF = 0,5 – ujęcie pracuje 6 miesięcy w roku).

Zgodnie z podanymi definicjami potencjału teoretycznego oraz technicznego dla przewidywanych ujęć wód termalnych można oszacować odpowiadające im wielkości mocy cieplnej oraz produkcji energii cieplnej w ujęciu rocznym.

5.4 Obszary perspektywiczne dla wykorzystani wód termalnych w powiatach województwa małopolskiego

Województwo małopolskie podzielone jest na 22 powiaty, w tym 3 miasta na prawach powiatu: Kraków, Tarnów oraz Nowy Sącz. Dla każdego z powiatów przeprowadzono analizę dostępnych danych literaturowych w zakresie określenia podstawowych przewidywanych parametrów geotermicznych obejmujących: temperaturę wód na wypływie, wydajność ujęcia, głębokość zalegania stropu zbiornika.

Uwzględniono, że potencjał geotermalny w obrębie powiatu może być związany z kilkoma zbiornikami. Dla uproszczenia założono możliwość uruchomienia 1 instalacji geotermalnej dla każdego potencjalnego zbiornika wód termalnych wskazanych w powiecie, pod warunkiem, że jest to uzasadnione dotychczasowym rozpoznaniem (danymi literaturowymi), uwzględniając przewidywane parametry zbiorników geotermalnych. Wyjątek stanowią powiaty tatrzański i nowotarski, gdzie znaczący potencjał geotermalny niecki podhalańskiej potwierdziły liczne funkcjonujące ujęcia wód termalnych. Dodatkowo dla każdego z powiatów ograniczono ilość zbiorników (ujęć wód termalnych) do 3. Wyjątkowo w powiecie nowotarskim wskazano 4 funkcjonujące ujęcia wód termalnych obejmujące nieckę

podhalańską (3 otwory produkcyjne PEC Geotermia Podhalańska S.A.) oraz ujęcie Rabka IG-1 zlokalizowane w Karpatach zewnętrznych. Dodatkowo założono, że instalacja będzie pracowała przez cały rok z pełną mocą (CF = 1). Dla każdego rzeczywistego lub hipotetycznego ujęcia wód termalnych w danym powiecie wskazano reprezentatywny otwór wiertniczy znajdujący w bazie CBDG (PIG-PIB), wraz z odnośnikiem (linkiem) do tej bazy. Podano także wyniki oszacowanej wartości temperatury wód termalnych, mineralizacji oraz przewidywanej wydajności ujęć wód termalnych. W kilku przypadkach, dotyczących funkcjonujących ujęć wód termalnych w miejscu „wydajność ujęć" podano wielkość zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych.

Głębokość zalegania zbiornika podana w zestawieniach jest istotną informacją pozwalającą ocenić poziom ryzyka geologicznego, który jest proporcjonalny do wielkości początkowych nakładów kapitałowych niezbędnych do wykonania otworu poszukiwawczo-rozpoznawczego. W opracowaniu głębokość otworu była uwzględniona w oszacowaniu wpływu tego parametru na możliwość wychłodzenia strumienia eksploatowanych wód ze złoża na powierzchnię (temperatura na wypływie).

Zestawione dane pozwalają na dokonanie zgrubnej oceny potencjału technicznego wyrażonego w możliwej do zainstalowania mocy cieplnej (wyrażonej w MW) oraz ekwiwalentnej, możliwej do wyprodukowania w ciągu roku, ilości ciepła w (MWh/rok) dla każdego zbiornika osobno oraz sumarycznie dla powiatu.

W celu porównania potencjału geotermalnego powiatów małopolski dokonano normalizacji oszacowanego geotermalnego potencjału technicznego wyrażonego w MW zainstalowanej mocy bądź równoważnie w MWh/rok do skali [0 – 100]. Według znormalizowanej skali wartość „0" dotyczy powiatu, gdzie oszacowano najniższy potencjał, a wartość 100 – najwyższy potencjał geotermalny spośród powiatów Małopolski. Zestawienie nie obejmuje wykorzystania wód termalnych w ośrodkach typu SPA na Podhalu. Na pozostałym obszarze, ze względu na niskie zasoby geotermalne, uwzględniono niewielkie ujęcia np. w Rabce Zdroju, Porębie Wielkiej.

Wyniki oszacowań przedstawiono w kolejnych tabelach (Tabela 5.7- Tabela 5.28).

Tabela 5.7 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu olkuskiego

Powiat olkuski	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	**0**
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	34
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	0
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1 (GZWP 454)	trias dolny – trias środkowy
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2 (GZWP 326)	jura górna
Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Pomorzany 2 (126220)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	Wolbrom 1 (108275)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	31

Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	8
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	-
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	10 / 10
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	10 / 10
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	-
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	70
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	70
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	-
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	<1
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	<1
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	0,42
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	0,42
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	3 679,20
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	3 679,20
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	-
Całkowita moc ujęć [MW]	**0,84**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**7 358,40**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Barbacki i in, 2006

Tabela 5.8 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu chrzanowskiego

Powiat chrzanowski	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	0
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	198
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	0
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1 (GZWP 452)	trias dolny – trias środkowy
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	-
Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Nieporaz 160 (109128); Dąb-Kroczymiech G-25 (3209421)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	150
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	8
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	-

Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	10 / 10
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	10 / 10
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	-
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	70
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	-
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	-
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	<1
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	-
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	0,42
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	3 679,20
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	0,00
Całkowita moc ujęć [MW]	**0,42**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**3 679,20**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Barbacki i in, 2006

Tabela 5.9 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu oświęcimskiego

Powiat oświęcimski	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	0
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	122
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	1
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	dewon – karbon
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	-
Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Poręba Wielka IG-1 (11793); Przeciszów 19 (109173)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	2000
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	-
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	65 / 45
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	-

Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	-
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	0,48
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	0,00
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	0,00
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	4 204,80
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	0,00
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	0,00
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	0,48
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	0,00
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	0,00
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	4 204,80
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	-
Całkowita moc ujęć [MW]	0,48
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	4 204,80
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Barbacki i in, 2006; Sowiżdżał i in., 2006; Górecki (red.) Sowiżdżał i in., 2012

Tabela 5.10 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu wadowickiego

Powiat wadowicki	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	**1**
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	1
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	karbon
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	dewon
Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Potrójna IG-1 (13746)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	2100
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	2300
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	-
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	60 / 25
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	70 / 35
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	-

Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	10
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	10
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	-
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	10
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	140
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	0,24
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	0,36
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	2 102,40
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	3 153,60
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	-
Całkowita moc ujęć [MW]	**0,60**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**5 256,00**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Ślączka (red.), 1985; Chowaniec i in., 2001; Chowaniec i in., 2003; Chowaniec, 2009; Górecki (red.) Hajto i in., 2011; Hajto, 2011

Tabela 5.11 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu suskiego

Powiat suski	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	0
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	13
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	0
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	dewon – karbon – miocen
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	-
Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Sucha Beskidzka IG-1 (13753)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	3200
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	-
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [^{o}C]	85 / 18 (<20)
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [^{o}C]	-
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [^{o}C]	-

Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	2 (kilka)
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	-
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	-
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	15
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	-
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	0,03
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	273,31
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	-
Całkowita moc ujęć [MW]	**0,03**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**273,31**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Ślączka, 1976; Chowaniec i in., 2001; Chowaniec i in., 2003; Chowaniec, 2009; Górecki (red.) Hajto i in., 2011; Hajto, 2011

Tabela 5.12 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu nowotarskiego

Powiat nowotarski	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	**2**
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	13
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	2
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	1
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	trias - paleogen
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	trias - paleogen
Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	trias - paleogen
Potencjalny zbiornik wód termalnych 4	kreda – paleogen
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Bańska IG-1 (14475)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	Bańska PGP-1 (3168064)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3 (nr CBDG)	Bańska PGP-3 (3212020)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 4 (nr CBDG)	Rabka IG-2 (3168242)
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	2 560
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	2 720
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	2 626
Głębokość zbiornika geotermalnego 4 [m p.p.t]	1 215

Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	88 / 82
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	89 / 86
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	88 / 85
Temperatura wód zbiornika 4 (w złożu/na głowicy) [°C]	- /28
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	120
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	550
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	400
Wydajność ujęcia zbiornika 4 [m^3/h]	4,5
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	2,7
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	3,1
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	3,0
Mineralizacja wód zbiornika 4 [g/dm^3]	26,5
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	11,09
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	53,46
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	38,40
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 4 [MW]	0,12
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	97 130,89
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	468 309,64
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	336 384,03
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 4 [MWh/rok]	1 087,99
Całkowita moc ujęć [MW]	**103,07**
Sumaryczny potencjał produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**902 912,54**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Witczak, 1999; Chowaniec, 2009; Kępińska, 1991; Kępińska, 2005; Kępińska, 2011; NIK, 2021

Tabela 5.13 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu tatrzańskiego

Powiat tatrzański		
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*		2
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów		17
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*		2
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]		1
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	trias - paleogen	
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	trias - paleogen	
Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	trias - paleogen	
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Białka Tatrzańska GT-1 (BANIA) (3208727)	

Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	Bukowina Tatrzańska PIG-1/GN (126442)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3 (nr CBDG)	Chochołów PIG-1 (3056297)
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	2 500
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	2 390
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	3 220
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	- / 77
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	74 / 65
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	93 / 89
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	38
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	40
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	160
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	2,3
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	1,5
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	1,1
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	3,28
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	2,88
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	16,13
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	28 760,83
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	25 228,80
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	141 281,29
Całkowita moc ujęć [MW]	**22,29**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**195 270,93**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Chowaniec i in., 1992; Bielec, Operacz, 2018; Chowaniec, 2009; Kępińska, 1991; Kępińska, 2005; Kępińska, 2011

Tabela 5.14 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu m. Kraków

Powiat m. Kraków	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	6
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	0
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	jura górna
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	dewon

Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Wyciąże 4 (109385)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	Wyciąże 1 (109816)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3 (nr CBDG)	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	600
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	1 650
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	-
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	25 / 24
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	55 / 53
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	-
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	70
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	55
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	-
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	10
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	100
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	1,60
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	3,17
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	13 980,96
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	27 751,68
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	-
Całkowita moc ujęć [MW]	**4,76**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**41 732,64**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Hajto i in., 2013; Hajto i in., 2022; Barbacki i in, 2006; Górecki (red.), Hajto i in., 2011 Bujakowski i in., 2011; Bujakowski i in., 2005;

Tabela 5.15 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu krakowskiego

Powiat krakowski	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	0
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	48
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	1

Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	karbon dolny
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	cenoman
Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Kryspinów 1 (108962)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	Słomniki IG-1 (Kacice) (108361)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3 (nr CBDG)	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	340
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	230
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	-
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	- / 10
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	- / 17
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	9
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	53
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	-
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	0,5
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	0,3
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	0,05
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	0,76
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	473,04
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	6 685,63
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	-
Całkowita moc ujęć [MW]	**0,82**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**7 158,67**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Bujakowski, Barbacki, 2000; Barbacki i in, 2006; Górecki (red.), Hajto i in., 2011

Tabela 5.16 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu miechowskiego

Powiat miechowski	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	**0**
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	12
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	0
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	trias (retyk - wapień muszlowy)

Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	jura środkowa
Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Książ Wielki IG-1 (108370)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	Trzonów 2 (108402)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3 (nr CBDG)	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	960
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	1 010
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	-
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	33 / 18 (<20)
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	35 / 19 (<20)
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	-
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	3
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	3,6
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	-
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	20
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	19
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	0,05
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	0,06
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	409,97
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	529,80
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	-
Całkowita moc ujęć [MW]	**0,11**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**939,77**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Barbacki, Kazanowska, 2001; Jasnos, Papiernik, Hajto, 2016; Barbacki i in, 2006.

Tabela 5.17 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu proszowickiego

Powiat proszowicki	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	0
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	131
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	0
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	Cenoman
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	-

Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Koszyce 2 (51923)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3 (nr CBDG)	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	850
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	-
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	32 / 30
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	-
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	-
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	200
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	-
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	-
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	25-50
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	-
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	6,00
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	52 560,00
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	-
Całkowita moc ujęć [MW]	**6,00**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**52 560,00**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Barbacki, 2011b; Barbacki i in, 2006.

Tabela 5.18 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu myślenickiego

Powiat myślenicki	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	0
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	22
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	0
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	1
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	jura środkowa
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	dewon-karbon
Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	kreda-oligocen
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Borzęta IG-1 (111135)

Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	Głogoczów IG-1 (13747)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3 (nr CBDG)	Skomielna Biała 1 (111614)
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	2 300
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	1 800
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	1 500
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	90 / 70
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	60 / 25
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	38 / 18
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	30
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	5
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	5
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	80
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	100
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	11,0
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	2,34
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	0,12
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	0,07
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	20 498,40
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	1 051,20
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	630,72
Całkowita moc ujęć [MW]	**2,53**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**22 180,32**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Barbacki, 2011c; Chowaniec, 2003; Chowaniec, 2009; Jasnos, Papiernik, Hajto, 2016; Barbacki i in, 2006.

Tabela 5.19 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu wielickiego

Powiat wielicki	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	0
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	98
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	0
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	cenoman
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	jura środkowa
Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	dewon

Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Niepołomice 8 (109412)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	Raciborsko 3 (111228)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3 (nr CBDG)	Niepołomice 11 (109414)
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	525
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	1 830
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	880
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	17 / 22
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	20 / 53
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	25 / 36
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	7
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	0,7
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	10
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	10
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	12
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	170-180
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	0,10
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	0,01
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	0,72
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	883,01
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	110,38
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	6 307,20
Całkowita moc ujęć [MW]	**0,83**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**7 300,58**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Barbacki i in, 2006; Buła, Habryn, 2010; Jachowicz-Zdanowska, Buła (red.), 2010; Barbacki, 2011c; Barbacki, Kazanowska, 2001.

Tabela 5.20 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu limanowskiego

Powiat limanowski	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	0
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	51
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	1
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	paleogen-kreda

Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	-
Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Poręba Wielka IG-1 (111618)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3 (nr CBDG)	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	1 800
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	-
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	58 / 42
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	-
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	-
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	16
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	-
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	-
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	24
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	-
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	0,71
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	6 223,10
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	-
Całkowita moc ujęć [MW]	**0,71**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**6 223,10**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Szuflicki i in., 2022; Chowaniec, 2009; Górecki (red.), Hajto i in., 2011.

Tabela 5.21 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu bocheńskiego

Powiat bocheński	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	318
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	0
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	cenoman
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	jura górna

Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	dewon
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Brzeźnica 2 (53153)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	Cikowice 1 (53156)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3 (nr CBDG)	Cikowice 1 (53156)
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	1 300
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	1 150
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	1 270
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	45 / 40
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	35 / 23
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	45 / 21
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	70
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	25
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	15
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	25
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	20
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	20
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	2,94
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	0,54
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	0,29
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	25 754,40
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	4 730,40
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	2 522,88
Całkowita moc ujęć [MW]	**3,77**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**33 007,68**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Hajto M., 2017; Barbacki i in, 2006; Barbacki 2011a-f; Górecki (red.), Hajto i in., 2011.

Tabela 5.22 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu nowosądeckiego

Powiat nowosądecki	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	**0**
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	20
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	0
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	0
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	flisz (kreda, turon - senon)
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	flisz (oligocen jedn. grybowskiej)

Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Siekierczyna IG-1 (53206)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	Czarny Potok GT 1 (3250499)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3 (nr CBDG)	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	2 250
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	2 500
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	-
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	60 / 20
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	80 / 0
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	-
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	5
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	0
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	-
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	25
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	-
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	0,09
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	0
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	788,40
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	0
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	-
Całkowita moc ujęć [MW]	**0,09**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**788,40**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Bujakowski i in., 2011; Sokołowski, 2021; Górecki (red.), Hajto i in., 2011.

Tabela 5.23 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu m. Nowy Sącz

Powiat m. Nowy Sącz	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	**0**
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	1
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	0
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	0
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	flisz w-wy. krośnieńskie (oligocen)
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	-
Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	-

Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Nowy Sącz 1 (53926)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3 (nr CBDG)	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	2 000
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	-
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	60 / 20
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	-
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	-
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	5
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	-
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	-
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	25
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	-
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	0,09
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	788,40
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	-
Całkowita moc ujęć [MW]	**0,09**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**788,40**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Bujakowski i in., 2011; Górecki (red.), Hajto i in., 2011.

Tabela 5.24 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu gorlickiego

Powiat gorlickiego	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	0
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	215
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	0
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	flisz, w-wy. krośnieńskie (oligocen)
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	flisz, w-wy. ciężkowickie (oligocen)
Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Sękowa GT-1 (3336804)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	Gorlice 13 (4121)

Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3 (nr CBDG)	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	2 200
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	3 700
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	-
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	65 / 0
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	110 / 70
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	-
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	0
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	30
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	-
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	-
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	-
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	0,00
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	2,34
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	20 498,40
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	-
Całkowita moc ujęć [MW]	**2,34**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**20 498,40**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Hajto, Górecki, 2010; Hajto, 2011b; Górecki i in., 2009; Górecki (red.), Hajto i in., 2012.

Tabela 5.25 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu brzeskiego

Powiat brzeski	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	211
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	0
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	cenoman
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	jura górna
Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	jura środkowa
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Brzesko 2 (53148)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	Brzesko 1 (53147)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3 (nr CBDG)	Jadowniki 5 (53203)

Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	1 550
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	1 600
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	1 900
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	47 / 45
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	55 / 50
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	60 / 55
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	100
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	30
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	40
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	50
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	70
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	70
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	4,80
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	1,62
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	2,40
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	42 048,00
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	14 191,20
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	21 024,00
Całkowita moc ujęć [MW]	**8,82**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**77 263,21**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Barbacki i in, 2006; Barbacki, Kazanowska, 2001a; Barbacki, Kazanowska, 2001b; Barbacki, 2011c; Bujakowski i in., 2011; Barbacki, 2011a; Barbacki, 2011b; Barbacki 2011a-f; Górecki (red.), Hajto i in., 2012.

Tabela 5.26 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu m. Tarnów

Powiat m. Tarnów	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	48
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	0
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	miocen
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	jura górna
Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	-
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Tarnów 3 (52318)

Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	Tarnów 5 (53284)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3 (nr CBDG)	-
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	500
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	1 600
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	24 / 20
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	53 / 50
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	-
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	10
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	50
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	-
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	100
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	120
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	-
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	0,18
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	2,70
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	-
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	1 576,80
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	23 652,00
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	-
Całkowita moc ujęć [MW]	**2,88**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**25 228,80**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Barbacki i in, 2006; Barbacki, 2004d; Barbacki, 2011b; Bujakowski i in., 2011; Górecki (red.), Hajto i in., 2012.

Tabela 5.27 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu tarnowskiego

Powiat tarnowski	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	**1**
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	283
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	0
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	jura górna
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	jura środkowa
Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	trias
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Zawada 2 (53249)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	Pawęzów 2 (52258)

Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3 (nr CBDG)	Radłów 1 (52308)
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	2 100
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	1 800
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	2 000
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [°C]	60 / 40
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [°C]	70 / 55
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [°C]	65 / 50
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	10
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	15
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	10
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	100
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	100
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	100
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	0,42
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	0,90
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	0,54
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	3 679,20
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	7 884,00
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	4 730,40
Całkowita moc ujęć [MW]	1,86
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	16 293,60
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Barbacki i in, 2006; Barbacki, Kazanowska, 2001b; Barbacki, Kazanowska, 2001c; Barbacki, Kazanowska, 2001d; Barbacki, 2011b; Barbacki, 2011c; Barbacki, 2011d; Bujakowski i in., 2011; Górecki (red.), Hajto i in., 2011; Górecki (red.), Sowiżdżał i in., 2012.

Tabela 5.28 Przewidywane parametry ujęć wód termalnych oraz potencjał geotermalny powiatu dąbrowskiego

Powiat dąbrowski	
Potencjał geotermalny *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	**0**
Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	126
Obecny stopień rozpoznania geotermicznego *[niski / średni / wysoki (0 – 2)]*	1
Potwierdzone występowanie wód termalnych [0-1]	0
Potencjalny zbiornik wód termalnych 1	miocen
Potencjalny zbiornik wód termalnych 2	jura górna

Potencjalny zbiornik wód termalnych 3	trias
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 1 (nr CBDG)	Nieczajna 5 (52251)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 2 (nr CBDG)	Dąbrowa Tarnowska 7 (52217)
Reprezentatywny otwór dla zbiornika 3 (nr CBDG)	Nieczajna 3 (122982)
Głębokość zbiornika geotermalnego 1 [m p.p.t]	10
Głębokość zbiornika geotermalnego 2 [m p.p.t]	700
Głębokość zbiornika geotermalnego 3 [m p.p.t]	1 900
Temperatura wód zbiornika 1 (w złożu/na głowicy) [^{o}C]	12 / 12
Temperatura wód zbiornika 2 (w złożu/na głowicy) [^{o}C]	30 / 20
Temperatura wód zbiornika 3 (w złożu/na głowicy) [^{o}C]	60 / 20
Wydajność ujęcia zbiornika 1 [m^3/h]	2
Wydajność ujęcia zbiornika 2 [m^3/h]	10
Wydajność ujęcia zbiornika 3 [m^3/h]	5
Mineralizacja wód zbiornika 1 [g/dm^3]	70
Mineralizacja wód zbiornika 2 [g/dm^3]	70
Mineralizacja wód zbiornika 3 [g/dm^3]	75
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 1 [MW]	0,02
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 2 [MW]	0,18
Potencjał techniczny ujęcia zbiornika 3 [MW]	0,09
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 1 [MWh/rok]	147,17
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 2 [MWh/rok]	1 576,80
Produkcja ciepła geotermalnego zbiornika 3 [MWh/rok]	788,40
Całkowita moc ujęć [MW]	**0,29**
Sumaryczny potencjał techniczny produkcji ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]	**2 512,37**
Literatura dedykowana *(Powiązanie z bazą danych literatury projektu)*	Górecki (red.), Sowiżdżał i in., 2012. Barbacki i in, 2006; Barbacki, Uliasz-Misiak, 2003 Barbacki, 2011b; Barbacki, 2011d.

5.5 Podsumowanie

Opracowanie danych dotyczących warunków geologicznych i geotermicznych występowania perspektywicznych zbiorników wód termalnych w obrębie poszczególnych powiatów pozwoliły na zgrubne oszacowanie potencjału geotermalnego w granicach administracyjnych województwa małopolskiego. Wyniki zaprezentowano w Tabela 5.29. oraz Rysunek 5.6. i 5.7.

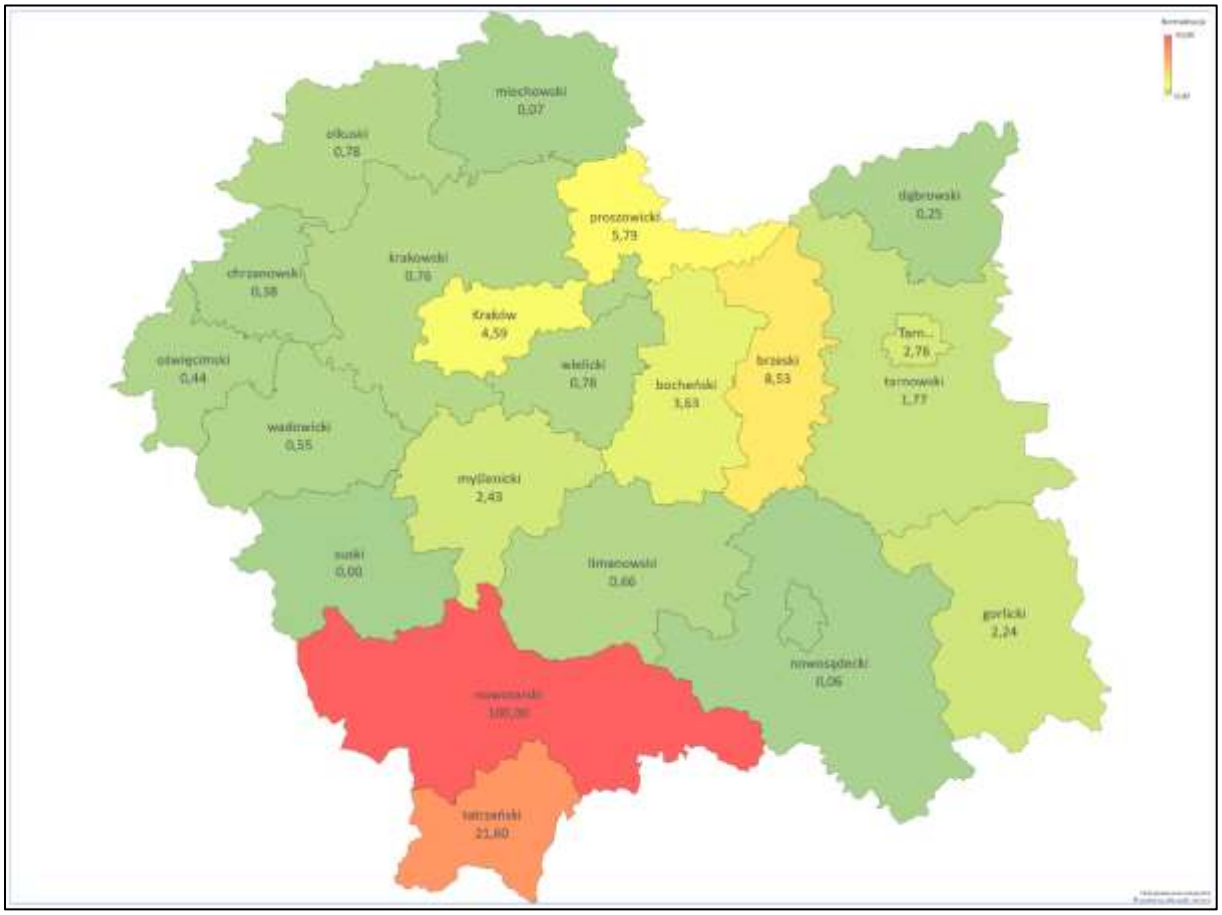
Na mapie przedstawiono obszary perspektywiczne dla występowania złóż wód termalnych w rejonie województwa małopolskiego zestawione na podstawie:

1. Barbacki A.P., Bujakowski W., Pająk L., 2006. Atlas zbiorników wód geotermalnych Małopolski. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków;
2. Górecki W. (red.), Hajto M., i in. 2011. Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat Zachodnich. AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Ministerstwo Środowiska, NFOŚiGW w Warszawie;

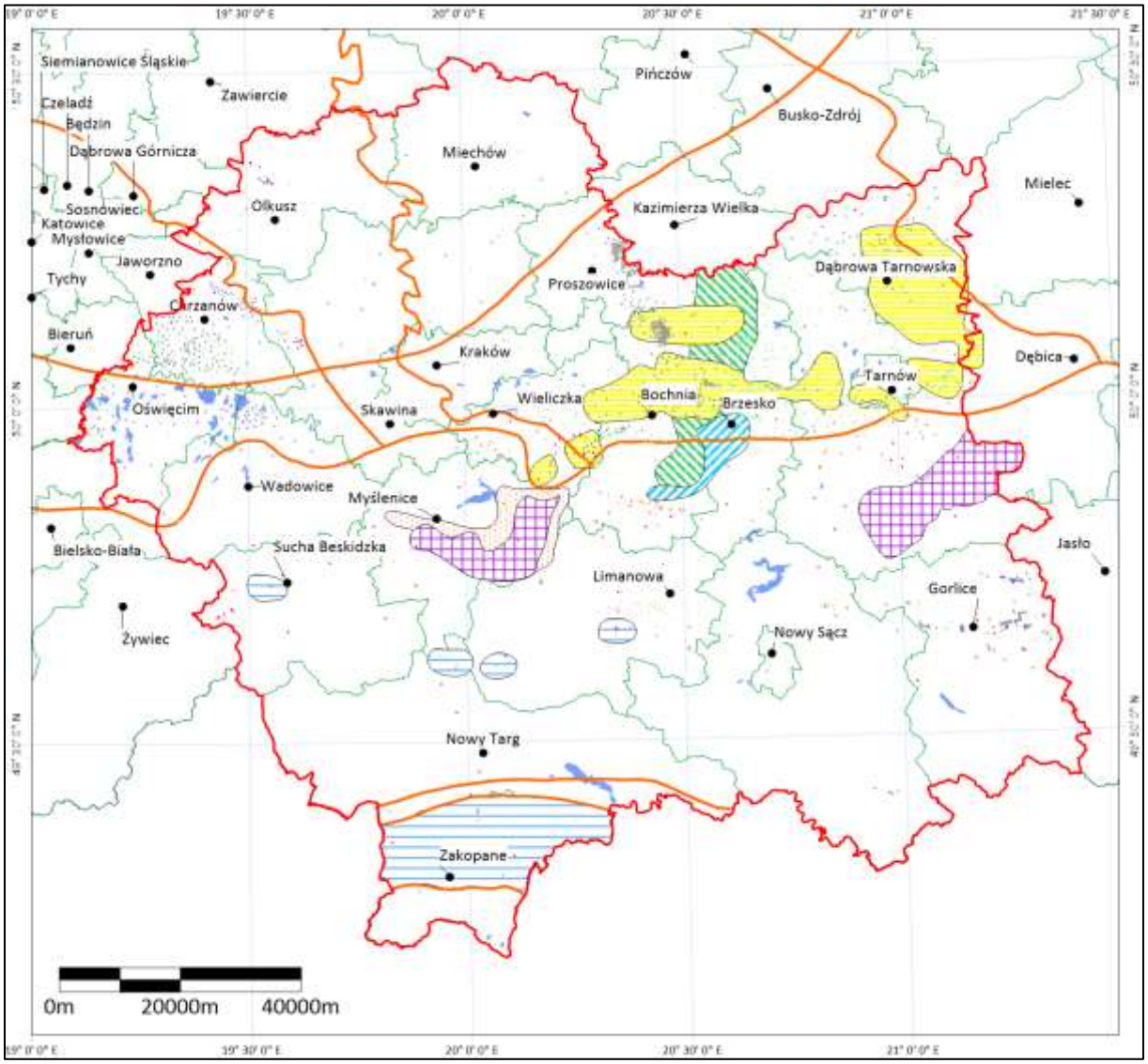
3. Górecki, W. (red.), Sowiżdżał, A., i in. 2012. Atlas geotermalny zapadliska przedkarpackiego. AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, NCBiR.

Tabela 5.29 Zestawienie informacji dot. oszacowania potencjału geotermalnego w rejonie woj. małopolskiego

L.P.	Powiat	Dostępność informacji geologicznej / ilość głębokich otworów	Potencjał geotermalny [0 – 100]	Przewidywana sumaryczna moc ujęć [MW]	Przewidywana sumaryczna produkcja ciepła geotermalnego zbiorników [MWh/rok]
1	bocheński	318	3,63	3,77	33 008
2	brzeski	212	8,53	8,82	77 263
3	chrzanowski	198	0,38	0,42	3 679
4	dąbrowski	126	0,25	0,29	2 512
5	gorlicki	215	2,24	0,00	20 498
6	**Kraków**	6	4,59	4,76	41 733
7	krakowski	48	0,76	0,82	7 159
8	limanowski	51	0,66	0,71	6 223
9	miechowski	12	0,07	0,11	940
10	myślenicki	22	2,43	2,53	22 180
11	**Nowy Sącz**	1	0,06	0,09	788
12	nowosądecki	20	0,06	0,09	788
13	nowotarski	13	100,00	103,07	902 913
14	olkuski	34	0,78	0,84	7 358
15	oświęcimski	122	0,44	0,48	4 205
16	proszowicki	131	5,79	6,00	52 560
17	suski	13	0,00	0,03	273
18	**Tarnów**	48	2,76	2,88	25 229
19	tarnowski	283	1,77	1,86	16 294
20	tatrzański	17	21,60	22,29	195 271
21	wadowicki	52	0,55	0,60	5 256
22	wielicki	98	0,78	0,83	7 301



Rysunek 5.6 Mapa potencjału geotermalnego powiatów małopolski (szczegółowe informacje w Tabela 5.29)



Rysunek 5.7 Obszary perspektywiczne dla wykorzystania wód termalnych w rejonie województwa małopolskiego (na podst.: Barbacki i in., 2006; Górecki (red.), Hajto i in., 2011; Górecki (red.) Sowiżdżał i in., 2012)

6. Energia biomasy

6.1 Zasoby biomasy na cele biopaliw stałych i biogazu

Województwo Małopolskie składa się 22 powiatów: dziewiętnastu powiatów ziemskich oraz trzech miast na prawach powiatu (Kraków, Tarnów, Nowy Sącz) – tabela 6.1. Według stanu na dzień 30 czerwca 2021 r. województwo zamieszkiwało ponad 3,4 mln osób. Powierzchnia województwa małopolskiego wynosi nieco ponad 1,5 mln hektarów. Lesistość województwa wynosi 28,6%, a użytki rolne wynoszą 36,35% powierzchni województwa. Lesistość województwa jest nieco mniejsza od lesistości Polski i wynosi 28,6 % przy lesistości Polski w 2011 roku 30,5% (Raport o stanie lasów w Polsce 2011). Powierzchnia lasów w województwie wynosi ponad 435 tys. ha. Struktura własnościowa lasów w województwie przedstawia się następująco:

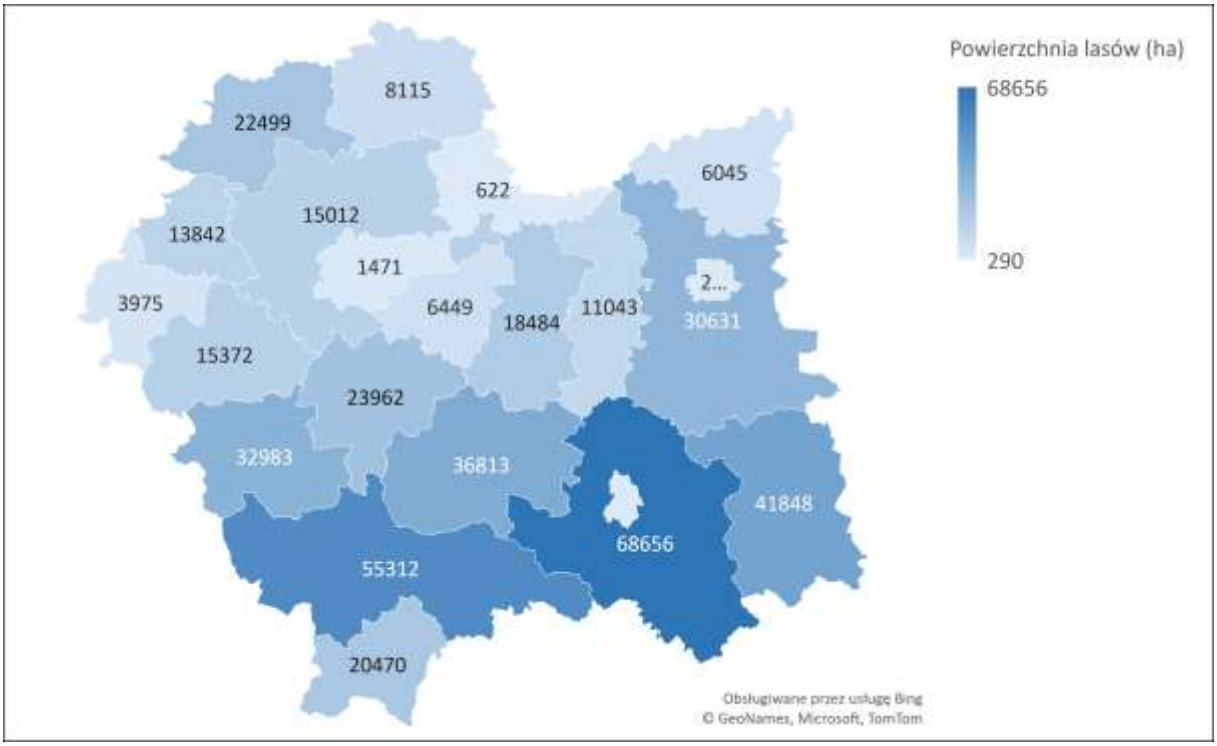
- 56,5 % - lasy publiczne,
- 43,5 % - lasy prywatne.

W tabeli 6.1 oraz na rysunku 6.1 zestawiono dane o lesistości i udziale użytków rolnych dla poszczególnych powiatów.

Tabela 6.1 Charakterystyka województwa małopolskiego

Lp.	Nazwa jednostki	Liczba ludności – stan na 30 czerwca 2021	Powierzchnia [ha]	lesistość w % (2020)	Użytki rolne w % (2020)
	WOJ. MAŁOPOLSKIE	**3 431 148**	**1518279**	**28,6**	**36,35**
1	**Powiat bocheński**	106 742	64856	28,5	35,10
2	**Powiat brzeski**	92 099	59052	18,7	40,28
3	**Powiat chrzanowski**	121 201	37012	37,4	10,75
4	**Powiat dąbrowski**	58 178	53025	11,4	55,10
5	**Powiat gorlicki**	106 639	96646	43,3	31,41
6	**Powiat krakowski**	297 016	123052	12,2	44,57
7	**Powiat limanowski**	131 219	95123	38,7	35,86
8	**Powiat miechowski**	47 579	67629	12,0	69,34
9	**Powiat myślenicki**	129 232	67308	35,6	24,88
10	**Powiat nowosądecki**	214 693	154980	44,3	28,30
11	**Powiat nowotarski**	190 434	147499	37,5	30,26
12	**Powiat olkuski**	108 335	61811	36,4	33,29
13	**Powiat oświęcimski**	150 683	40558	9,8	39,32
14	**Powiat proszowicki**	42 651	41487	1,5	83,59
15	**Powiat suski**	83 245	68571	48,1	16,27
16	**Powiat tarnowski**	198 250	141158	21,7	39,86
17	**Powiat tatrzański**	66 883	47165	43,4	21,44
18	**Powiat wadowicki**	158 447	64588	23,8	32,72
19	**Powiat wielicki**	139 403	41078	15,7	36,67
20	**Powiat Kraków**	801 242	32685	4,5	42,23

21	**Powiat Nowy Sącz**	81 137	5758	11,0	14,81
22	**Powiat Tarnów**	105 840	7238	4,0	14,97



Rysunek 6.1 Powierzchnia lasów w powiatach Małopolski

6.2 Biomasa stała

6.2.1 Biomasa drzewna

- *Potencjał teoretyczny*

Dysponując lesistością danego powiatu oraz średnią ilością drewna pozyskiwanego z 1 ha lasu rocznie (średnia wartość dla województwa) można wyliczyć ilość drewna (m^3) pozyskiwaną w ciągu roku.

Następnie należy przeliczyć ilość drewna możliwą do pozyskania rocznie (m^3) na jego masę w stanie powietrznosuchym (przyjmując średnią gęstość drewna równą 0,65 kg/m^3 – dla drewna powietrzno-suchego).

$$Z_{dtti} = L_g \times A_g \times P_d \left[\frac{m^3}{rok}\right]$$

gdzie:

Z_{dtti} – teoretyczne zasoby drewna w danym powiecie [m^3/rok],

L_g – lesistość powiatu [%],

A_g – powierzchnia danego powiatu [ha],

P_d – średnia ilość drewna pozyskiwanego z 1 ha lasu [m^3/ha].

- *Potencjał techniczny*

Potencjał techniczny zasobów drewna można wyliczyć pomniejszając potencjał teoretyczny o 36% (tyle tarcicy średnio powstaje 1m^3 drewna).

Dane literaturowe podają, że z pozyskanego 1 m^3 drewna można uzyskać ok.:

- 10% kory,
- 15% chrustu,
- 20% grubizny opałowej,
- 19% zrzyn i trocin,
- 36% tarcicy.

Z czego, zarówno kora, jak i chrust, grubizna opałowa oraz zrzyny i trociny nadają się do energetycznego wykorzystania.

$$Z_{dtechi} = Z_{dtti} \times (100\% - t) \left[\frac{m^3}{rok}\right]$$

$$t = 5\%$$

- *Energetyczny potencjał techniczny*

$$E_{dtechi} = \frac{Z_{dtechi} \times \rho_d \times Wu_d}{1000} \left[\frac{GJ}{rok}\right]$$

gdzie:

E_{dtechi} – energetyczny potencjał techniczny drewna w danym powiecie [GJ/rok],

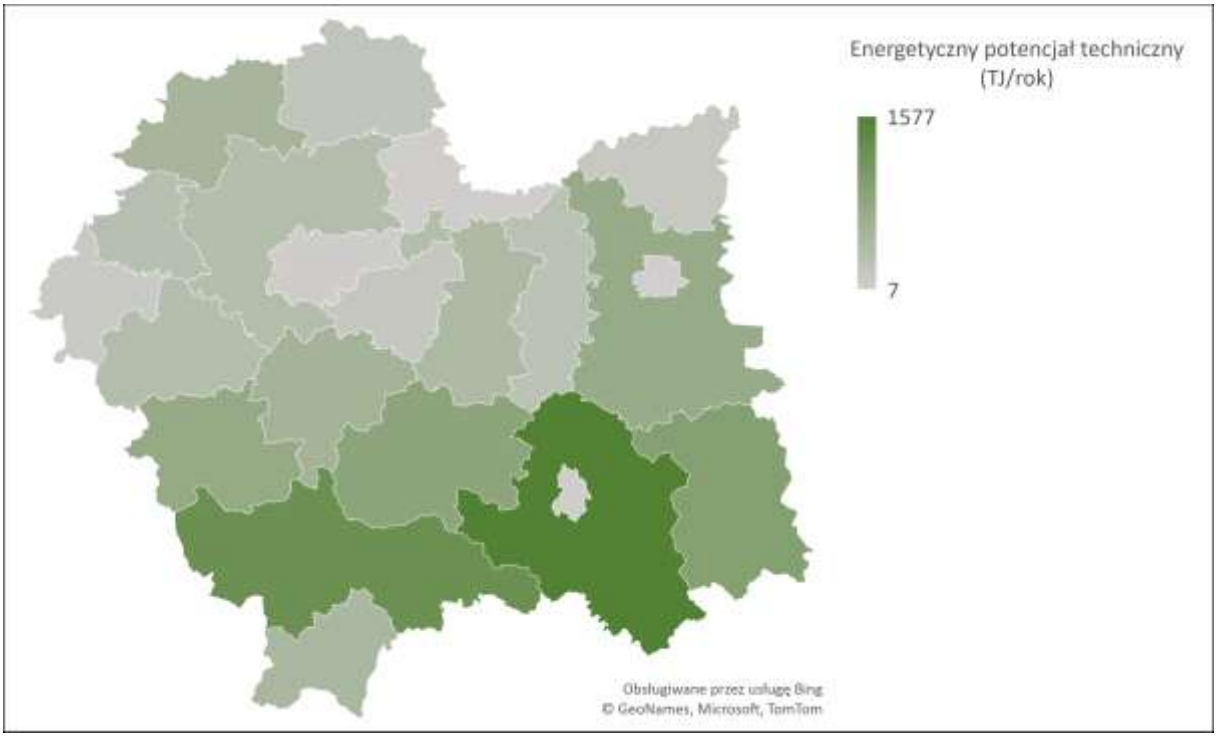
ρ_d – średnia gęstość drewna w stanie powietrznosuchym [kg/m^3],

Wu_d – średnia wartość opałowa dla drewna powietrznosuchego (przyjęto Wu_d = 15 MJ/kg) [MJ/kg].

Średnia ilość grubizny pozyskiwana z lasów w Małopolsce to 3,68 m^3/(ha*rok). Potencjał techniczny biomasy drzewnej z lasów Małopolski można oszacować na 1 022 tys. m^3 rocznie, co daje energetyczny potencjał techniczny biomasy drzewnej z Małopolskich lasów równy 9 971 TJ/rok. Największy energetyczny potencjał techniczny biomasy leśnej ma powiat nowosądecki (1 576 TJ/rok), najniższy potencjał posiada powiat miejski Tarnów (6,6 TJ/rok). W tabeli 6.2 oraz na rysunku 6.2 zestawiono dane dla województwa i wszystkich powiatów.

Tabela 6.2 Potencjał energetyczny biomasy drzewnej

Lp.	Nazwa jednostki	Powierzchnia lasów (ha)	Potencjał teoretyczny biomasy drzewnej (m^3/rok)	Potencjał techniczny biomasy drzewnej (m^3/rok)	Energetyczny potencjał techniczny biomasy drzewnej (GJ/rok)
	WOJ. MAŁOPOLSKIE	**434228**	**1597958**	**1022693**	**9971260**
1	**Powiat bocheński**	18484	68021	43533	424451
2	**Powiat brzeski**	11043	40637	26008	253576
3	**Powiat chrzanowski**	13842	50940	32602	317868
4	**Powiat dąbrowski**	6045	22245	14237	138809
5	**Powiat gorlicki**	41848	154000	98560	960958
6	**Powiat krakowski**	15012	55245	35357	344731
7	**Powiat limanowski**	36813	135470	86701	845335
8	**Powiat miechowski**	8115	29865	19114	186357
9	**Powiat myślenicki**	23962	88179	56434	550236
10	**Powiat nowosądecki**	68656	252655	161699	1576565
11	**Powiat nowotarski**	55312	203549	130271	1270143
12	**Powiat olkuski**	22499	82797	52990	516654
13	**Powiat oświęcimski**	3975	14627	9361	91271
14	**Powiat proszowicki**	622	2290	1466	14290
15	**Powiat suski**	32983	121376	77681	757387
16	**Powiat tarnowski**	30631	112723	72143	703392
17	**Powiat tatrzański**	20470	75328	48210	470048
18	**Powiat wadowicki**	15372	56569	36204	352989
19	**Powiat wielicki**	6449	23733	15189	148095
20	**Powiat Kraków**	1471	5413	3464	33775
21	**Powiat Nowy Sącz**	633	2331	1492	14544
22	**Powiat Tarnów**	290	1065	682	6648



Rysunek 6.2 Energetyczny potencjał techniczny biomasy drzewnej w poszczególnych powiatach

6.2.2 Zasoby biomasy agro

Ogółem, według danych z raportu Rolnictwo, w województwie małopolskim w 2021 r. istniało 140,1 tys. gospodarstw rolnych o łącznej powierzchni 687,3 tys. hektarów. Użytki rolne w gospodarstwach ogółem zajmowały 570,9 tys. ha, co stanowiło ponad 83% ich powierzchni.

Użytki rolne w dobrej kulturze to 551,9 tys. ha, tj. 83% całkowitej powierzchni gruntów w gospodarstwach rolnych. Grunty pod zasiewami zajmowały 291 tys. ha, trwałe użytki zielone – 222 tys. ha, w tym łąki trwałe – 201,7 tys. ha. Pod uprawy wieloletnie przeznaczonych było 14 tys. ha. Powierzchnia gruntów ugorowanych wynosiła 7,4 tys. ha. W 2020 roku zboża obsiewano na 181 tys. ha, ziemniaki na 16,8 tys. ha, buraki cukrowe na 1,3 tys. ha.

Lasy i grunty leśne zajmowały 70,2 tys. ha i stanowiły 10,2% ogólnej powierzchni gospodarstw rolnych (w Polsce 5,5%). Pozostałe grunty (m.in. pod zabudowaniami, podwórzami, nieużytki, tereny przeznaczone do rekreacji) stanowiły 6,7% ogólnej powierzchni gruntów gospodarstw (w kraju 4,6%) (GUS, 2022 - Rolnictwo w województwie małopolskim w 2021 r.).

Na tle innych województw województwo małopolskie wyróżnia niski udział użytków, w tym areału pod zasiewami, a wysoki udział łąk i pastwisk trwałych, sadów, ogrodów przydomowych oraz lasów i gruntów leśnych.

Pogłowie najliczniej hodowanych gatunków przedstawiało się w 2021 roku następująco:

- bydło – 166,0 tys. sztuk (w tym krowy 76,1 tys. sztuk),
- świnie – 109,7 tys. sztuk,
- owce – 68,2 tys. sztuk,
- drób – 4 948,8 tys. sztuk (GUS, 2022 - Rolnictwo w województwie małopolskim w 2021r.).

6.2.2.1 Słoma

Zasoby biomasy agro dla danego powiatu budują zasoby słomy z upraw zbóż (nadmiaru w stosunku do potrzeb gospodarczych), zasoby siana (nadmiaru w stosunku do potrzeb paszowych) i roślin zielnych uprawianych na plantacjach wieloletnich oraz drewno z przecinki sadów.

- *Potencjał teoretyczny słomy*

$$Z_{stti} = A_z \times P_{zs} \left[\frac{t}{rok}\right]$$

gdzie:

Z_{stti} – teoretyczne zasoby słomy w danym powiecie [t/rok],

A_z – powierzchnia upraw zbóż w danym powiecie [ha],

P_{zs} – średni plon słomy z 1 ha (odniesiony do średniego plonu zbóż) [t/ha].

- *Potencjał techniczny słomy*

$$Z_{stechi} = 0{,}3 \times A_z \times P_{zs} \left[\frac{t}{rok}\right]$$

gdzie:

Z_{stechi} – techniczne zasoby słomy w danym powiecie [t/rok],

A_z – powierzchnia upraw zbóż w danym powiecie [ha],

P_{zs} – średni plon słomy z 1 ha (odniesiony do średniego plonu zbóż) [t/ha],

0,3 – współczynnik wykorzystania słomy na cele energetyczne [-].

- *Energetyczny potencjał techniczny*

$$E_{stechi} = Z_{stechi} \times Wu_s \left[\frac{GJ}{rok}\right]$$

E_{stechi} – energetyczny potencjał techniczny słomy w danym powiecie [GJ/rok],

Z_{stechi} – techniczne zasoby słomy w danym powiecie [t/rok],

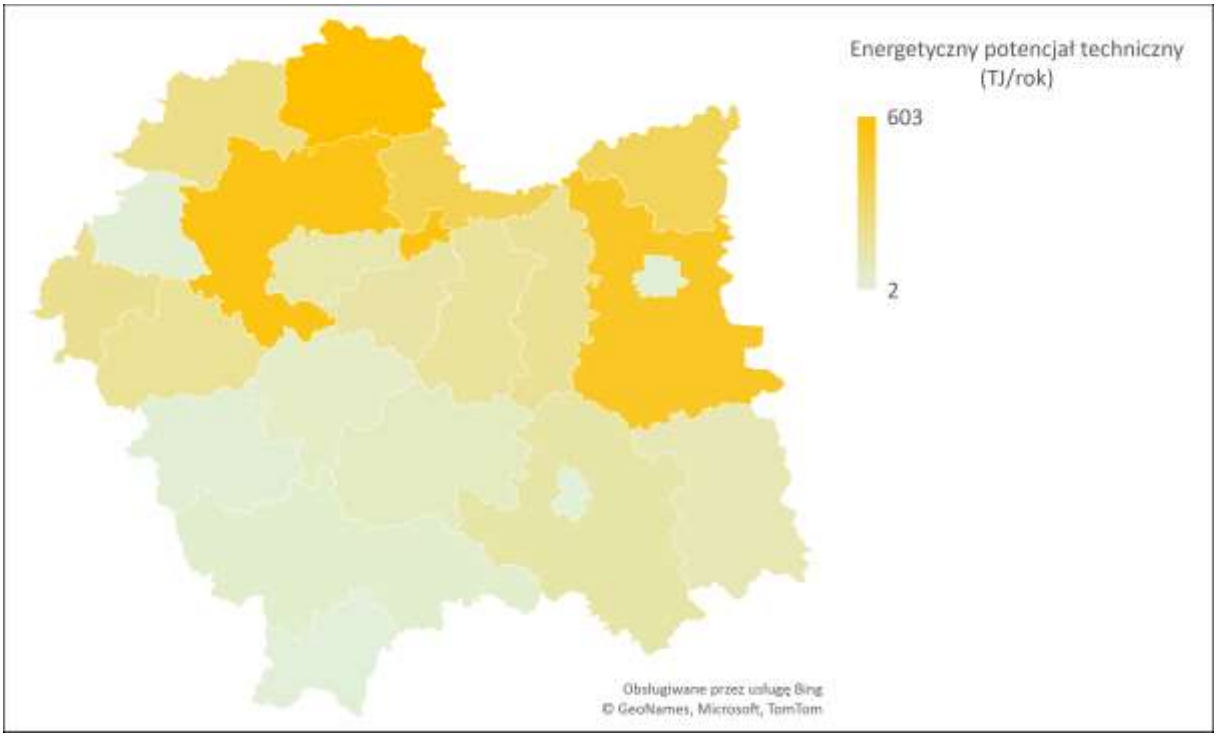
Wu_s – średnia wartość opałowa dla słomy (przyjęto Wu_s = 14 GJ/t) [GJ/t].

Zasoby słomy związane są z występowaniem uprawnych terenów rolniczych na obszarze województwa. Województwo małopolskie charakteryzuje się potencjałem technicznym słomy wynoszącym 288 134 t/rok, co odpowiada energetycznemu potencjałowi technicznemu

wynoszącemu ok. 4 034 TJ/rok. Największe zasoby słomy występują w powiatach występujących w północnej części województwa, tj. powiecie miechowskim, krakowskim, tarnowskim, proszowickim oraz dąbrowskim. Najmniejsze zasoby słomy występują w powiecie miejskim Nowy Sącz. W tabeli 6.3 oraz na rysunku 6.3 zestawiono dane dla województwa i wszystkich powiatów.

Tabela 6.3 Potencjał energetyczny biomasy agro – słomy

Lp.	Nazwa jednostki	Zboża razem 2020 (ha)	Potencjał teoretyczny słomy: Plon słomy (t/rok)	Potencjał techniczny słomy (t/rok)	Energetyczny potencjał techniczny słomy (GJ/rok)
	WOJ. MAŁOPOLSKIE	**214 385**	**960 447**	**288 134**	**4 033 875**
1	**Powiat bocheński**	8 884	39 799	11 940	167 154
2	**Powiat brzeski**	9 906	44 380	13 314	186 395
3	**Powiat chrzanowski**	826	3 703	1 111	15 551
4	**Powiat dąbrowski**	18 623	83 433	25 030	350 418
5	**Powiat gorlicki**	5 423	24 293	7 288	102 032
6	**Powiat krakowski**	28 897	129 457	38 837	543 720
7	**Powiat limanowski**	3 654	16 372	4 912	68 762
8	**Powiat miechowski**	32 060	143 630	43 089	603 245
9	**Powiat myślenicki**	2 951	13 219	3 966	55 518
10	**Powiat nowosądecki**	7 163	32 089	9 627	134 773
11	**Powiat nowotarski**	1 750	7 839	2 352	32 923
12	**Powiat olkuski**	11 804	52 883	15 865	222 109
13	**Powiat oświęcimski**	10 552	47 272	14 182	198 541
14	**Powiat proszowicki**	19 908	89 189	26 757	374 593
15	**Powiat suski**	898	4 023	1 207	16 896
16	**Powiat tarnowski**	26 410	118 317	35 495	496 932
17	**Powiat tatrzański**	110	495	148	2 077
18	**Powiat wadowicki**	9 737	43 623	13 087	183 215
19	**Powiat wielicki**	7 819	35 028	10 508	147 118
20	**Powiat Kraków**	6 431	28 809	8 643	120 997
21	**Powiat Nowy Sącz**	110	491	147	2 062
22	**Powiat Tarnów**	470	2 106	632	8 847



Rysunek 6.3 Energetyczny potencjał techniczny biomasy agro – słomy

6.2.2.2 Siano

- *Potencjał teoretyczny siana*

$$Z_{sitti} = A_{tuz} \times P_{si} \left[\frac{t}{rok}\right]$$

gdzie:

Z_{sitti} – teoretyczne zasoby siana w danym powiecie [t/rok],

A_{tuz} – powierzchni trwałych użytków zielonych i pastwisk w danym powiecie [ha],

P_{si} – średni plon siana z 1 ha [t/ha].

- *Potencjał techniczny siana*

$$Z_{sitchi} = 0{,}05 \times \ A_{tuz} \times P_{si} \left[\frac{t}{rok}\right]$$

gdzie:

$Z_{sitechi}$ – techniczne zasoby siana w danym powiecie [t/rok],

A_{tuz} – powierzchni trwałych użytków zielonych i pastwisk w danym powiecie [ha],

P_{si} – średni plon siana z 1 ha [t/ha],

$0{,}05$ – współczynnik wykorzystania siana na cele energetyczne [-].

- *Energetyczny potencjał techniczny siana*

$$E_{sitechi} = \frac{Z_{sitechi} \times Wu_{si}}{1000} \left[\frac{GJ}{rok}\right]$$

gdzie:

$E_{sitechi}$ – energetyczny potencjał techniczny siana w danym powiecie [GJ/rok],

$Z_{sitechi}$ – techniczne zasoby siana w danym powiecie [t/rok],

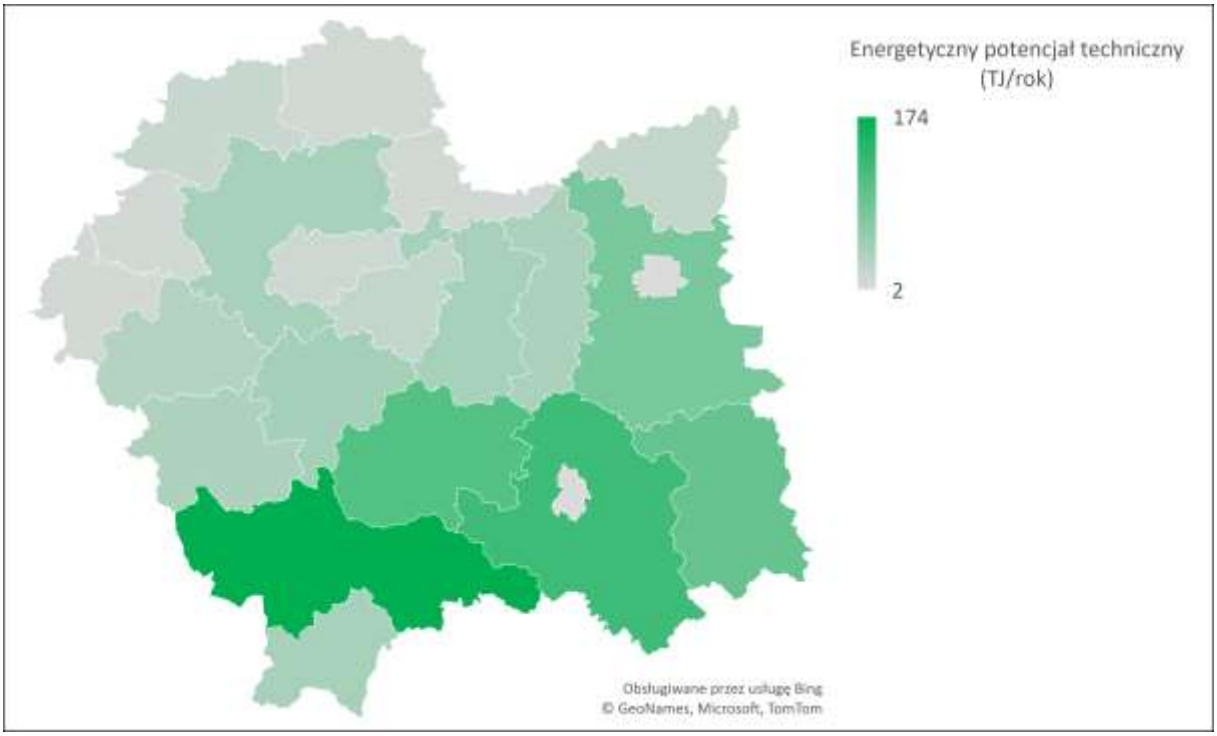
Wu_{si} – średnia wartość opałowa dla siana (przyjęto Wu_{si} = 14 MJ/kg) [MJ/kg].

Zasoby siana związane są z występowaniem łąk i trwałych użytków zielonych na obszarze województwa. Województwo małopolskie charakteryzuje się potencjałem technicznym siana wynoszącym 68 803 t/rok, co odpowiada energetycznemu potencjałowi technicznemu wynoszącemu ok. 963 TJ/rok. Największe zasoby siana występują w powiatach nowotarskim, nowosądeckim, limanowskim oraz gorlickim. Najmniejsze zasoby siana występują w powiecie miejskim Tarnów. W tabeli 6.4 oraz na rysunku 6.4 zestawiono dane dla województwa i wszystkich powiatów.

Tabela 6.4 Potencjał energetyczny biomasy agro – siana

Lp.	Nazwa jednostki	łąki trwałe 2020 (ha)	pastwiska trwałe 2020 (ha)	Potencjał teoretyczny siana (t/rok)	Potencjał techniczny siana (t/rok)	Energetyczny potencjał techniczny siana (GJ/rok)
	WOJ. MAŁOPOLSKIE	**201 795**	**20 150**	**1 376 061**	**68 803**	**963 243**
1	**Powiat bocheński**	9 237	599	60 984	3 049	42 688
2	**Powiat brzeski**	8 201	711	55 255	2 763	38 678
3	**Powiat chrzanowski**	2 115	83	13 631	682	9 541
4	**Powiat dąbrowski**	3 905	352	26 396	1 320	18 477
5	**Powiat gorlicki**	18 714	2 723	132 913	6 646	93 039
6	**Powiat krakowski**	8 779	726	58 930	2 946	41 251
7	**Powiat limanowski**	23 392	1 380	153 590	7 680	107 513
8	**Powiat miechowski**	1 757	464	13 772	689	9 640
9	**Powiat myślenicki**	9 700	450	62 927	3 146	44 049
10	**Powiat nowosądecki**	25 429	3 141	177 136	8 857	123 995
11	**Powiat nowotarski**	35 451	4 575	248 164	12 408	173 715

12	**Powiat olkuski**	3 533	345	24 040	1 202	16 828
13	**Powiat oświęcimski**	1 854	186	12 648	632	8 854
14	**Powiat proszowicki**	1 908	51	12 142	607	8 499
15	**Powiat suski**	8 088	313	52 090	2 605	36 463
16	**Powiat tarnowski**	16 238	1 745	111 494	5 575	78 046
17	**Powiat tatrzański**	8 599	1 171	60 577	3 029	42 404
18	**Powiat wadowicki**	6 975	509	46 404	2 320	32 483
19	**Powiat wielicki**	4 592	200	29 713	1 486	20 799
20	**Powiat Kraków**	2 517	337	17 693	885	12 385
21	**Powiat Nowy Sącz**	470	73	3 362	168	2 353
22	**Powiat Tarnów**	339	16	2 202	110	1 542



Rysunek 6.4 Energetyczny potencjał techniczny biomasy agro – siana

6.2.2.3 Drewno z sadów

- *Potencjał teoretyczny drewna z sadów*

Dysponując powierzchnią sadów w danym powiecie oraz średnią ilością drewna pozyskiwanego z 1ha sadu rocznie można wyliczyć ilość drewna (m^3) pozyskiwaną w ciągu roku.

Następnie należy przeliczyć ilość drewna możliwą do pozyskania rocznie (m^3) na jego masę w stanie powietrznosuchym (przyjmując gęstość średnią gęstość drewna, np. 0,65 kg/m^3 – dla drewna powietrzno-suchego).

$$Z_{dstti} = A_S \times P_S \left[\frac{t}{ha \times rok}\right]$$

gdzie:

Z_{sdtti} – teoretyczne zasoby drewna z sadów w danym powiecie [t/ha*rok],

A_s – powierzchnia sadów w danym powiecie [ha],

P_s – średnia ilość drewna pozyskiwanego z 1 ha sadu (P_s = 2,5 t/ha*rok) [t/ha*rok].

- *Potencjał techniczny drewna z sadów*

$$Z_{dstechi} = A_S \times P_S \times s \left[\frac{t}{ha \times rok}\right]$$

gdzie:

$Z_{dstechi}$ – techniczne zasoby drewna z sadów w danym powiacie [t/ha*rok],

A_s – powierzchnia sadów w danym powiacie [ha],

P_s – średnia ilość drewna pozyskiwanego z 1 ha sadu (P_s = 2,5 t/ha*rok) [t/ha*rok],

s – współczynnik zmniejszający ilość drewna możliwa do wykorzystania na cele energetyczne ze względu na pozostawianie zrębków z przecinek drzew w sadzie (przyjęto s = 0,6) [-].

- *Energetyczny potencjał techniczny*

$$E_{dstechi} = \frac{Z_{dstechi} \times Wu_d}{1000} \left[\frac{GJ}{rok}]\right]$$

gdzie:

$E_{dstechi}$ – energetyczny potencjał techniczny drewna z sadów w danym powiecie [GJ/rok],

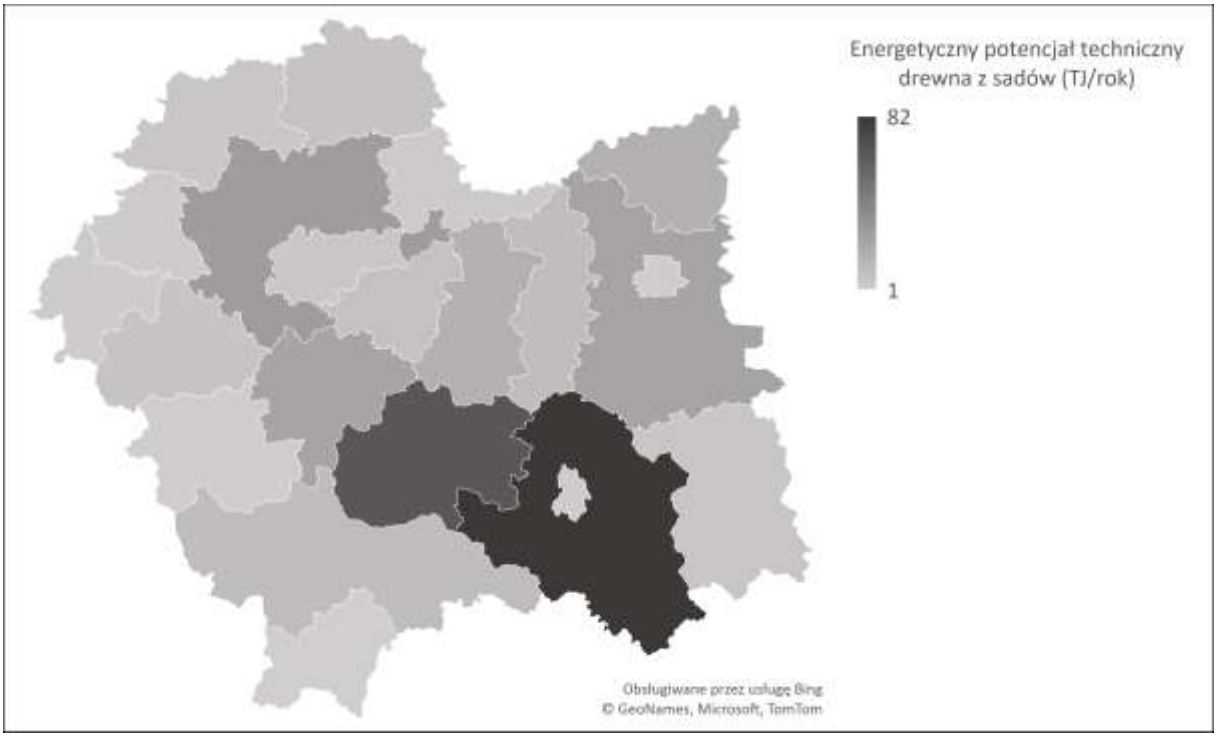
$Z_{dstechi}$ – techniczne zasoby drewna z sadów w danym powiecie [t/rok],

Wu_{ds} – średnia wartość opałowa dla siana (przyjęto Wu_{ds} = 15 MJ/kg) [MJ/kg].

Województwo małopolskie charakteryzuje się potencjałem technicznym drewna z sadów wynoszącym 21 088 t/rok, co odpowiada energetycznemu potencjałowi technicznemu wynoszącemu ok. 316,3 TJ/rok. Największe zasoby drewna z sadów występują w powiatach nowosądeckim, limanowskim, krakowskim oraz tarnowskim. Najmniejsze zasoby drewna z sadów występują w powiecie tatrzańskim. W tabeli 6.5 oraz na rysunku 6.5 zestawiono dane dla województwa i wszystkich powiatów.

Tabela 6.5 Potencjał energetyczny biomasy agro – drewna z przecinki sadów

Lp.	Nazwa jednostki	Gospodarstwa rolne ogółem – uprawy trwałe – sady 2020 (ha)	Potencjał teoretyczny drewna z sadów	Potencjał techniczny drewna z sadów	Energetyczny potencjał techniczny drewna z sadów (GJ/rok)
	WOJ. MAŁOPOLSKIE	**14 059**	**35 146**	**21 088**	**316 316**
1	**Powiat bocheński**	729	1 822	1 093	16 400
2	**Powiat brzeski**	425	1 062	637	9 561
3	**Powiat chrzanowski**	96	241	145	2 171
4	**Powiat dąbrowski**	724	1 811	1 086	16 295
5	**Powiat gorlicki**	206	516	309	4 641
6	**Powiat krakowski**	1 196	2 990	1 794	26 912
7	**Powiat limanowski**	2 892	7 230	4 338	65 072
8	**Powiat miechowski**	285	713	428	6 418
9	**Powiat myślenicki**	1 011	2 526	1 516	22 738
10	**Powiat nowosądecki**	3 626	9 064	5 438	81 574
11	**Powiat nowotarski**	426	1 064	639	9 578
12	**Powiat olkuski**	189	471	283	4 243
13	**Powiat oświęcimski**	87	219	131	1 968
14	**Powiat proszowicki**	119	298	179	2 679
15	**Powiat suski**	55	139	83	1 247
16	**Powiat tarnowski**	1 028	2 570	1 542	23 130
17	**Powiat tatrzański**	24	59	35	531
18	**Powiat wadowicki**	273	683	410	6 148
19	**Powiat wielicki**	342	854	513	7 690
20	**Powiat Kraków**	202	506	304	4 554
21	**Powiat Nowy Sącz**	64	160	96	1 443
22	**Powiat Tarnów**	59	147	88	1 325



Rysunek 6.5 Energetyczny potencjał techniczny drewna z przecinki sadów

6.2.3 Uprawy wieloletnich roślin energetycznych

- *Potencjał teoretyczny wieloletnich roślin energetycznych*

$$Z_{rtti} = A_U \times P_{re} \left[\frac{t}{rok}\right]$$

gdzie:

Z_{rtti} – teoretyczne zasoby roślin energetycznych w danym powiecie [t/rok],

A_U – powierzchnia nieużytków w danym powiecie [ha],

P_{re} – średni uzysk roślin energetycznych z 1 ha uprawy (przyjęto P_{re} = 16 t/ha) [t/ha].

- *Potencjał techniczny wieloletnich roślin energetycznych*

$$Z_{rtechi} = A_U \times P_{re} \times R \left[\frac{t}{rok}\right]$$

gdzie:

Z_{rtechi} – techniczne zasoby roślin energetycznych w danym powiecie [t/rok],

A_U – powierzchnia nieużytków w danym powiecie [ha],

P_{re} – średni uzysk roślin energetycznych z 1 ha uprawy (przyjęto P_{re} = 20 t/ha) [t/ha],

R – współczynnik wykorzystania nieużytków pod uprawy roślin energetycznych (przyjęto R = 0,3) [-].

- *Energetyczny potencjał techniczny wieloletnich roślin energetycznych*

$$E_{rtechi} = \frac{Z_{rtechi} \times Wu_r}{1000} \left[\frac{GJ}{rok}\right]$$

gdzie:

E_{rtechi} – energetyczny potencjał techniczny wieloletnich roślin energetycznych [GJ/rok],

Z_{rtechi} – techniczne zasoby roślin energetycznych w danym powiecie [t/rok],

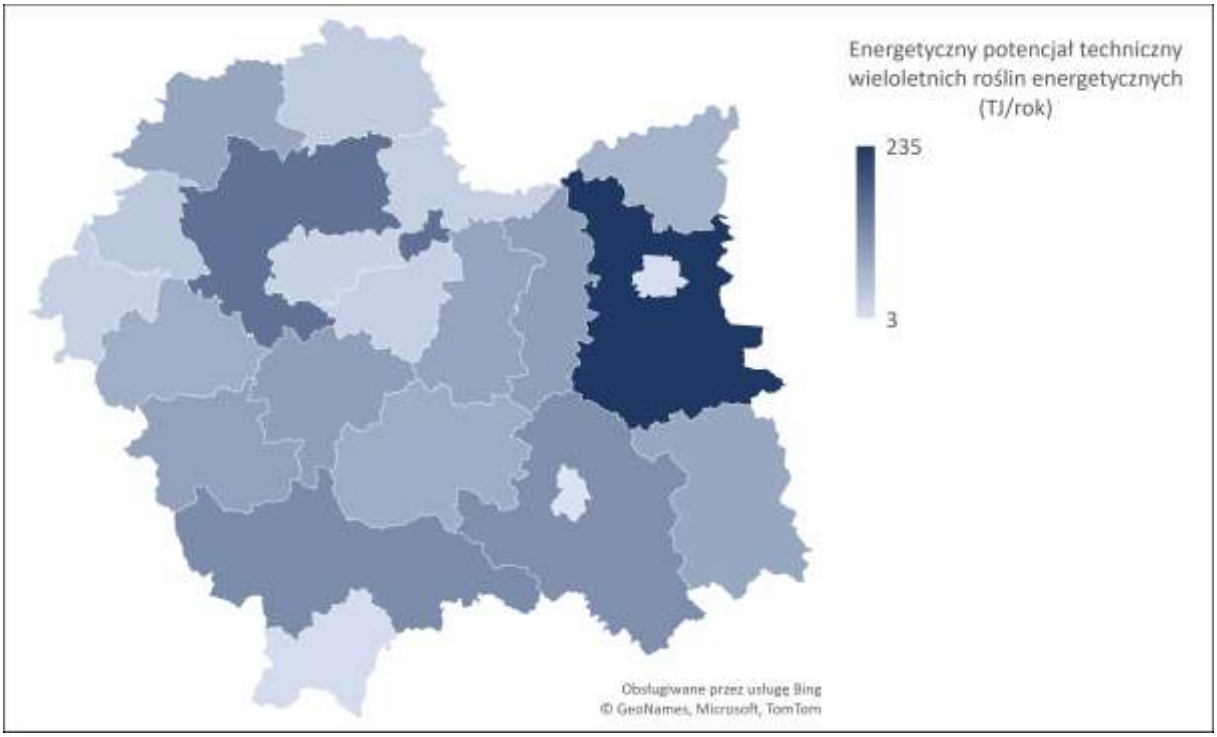
Wu_r – średnia wartość opałowa dla roślin energetycznych (przyjęto Wu_r = 15 MJ/kg) [MJ/kg].

Województwo małopolskie charakteryzuje się potencjałem technicznym upraw wieloletnich roślin energetycznych wynoszącym 105 750 t/rok, co odpowiada energetycznemu potencjałowi technicznemu wynoszącemu ok. 1 586,3 TJ/rok. Największe zasoby biomasy z wieloletnich upraw energetycznych występują w powiatach nowosądeckim, limanowskim, krakowskim oraz tarnowskim. Najmniejsze zasoby występują w powiecie grodzkim Nowy Sącz. W tabeli 6.6 oraz na rysunku 6.6 zestawiono dane dla województwa i wszystkich powiatów.

Tabela 6.6 Potencjał energetyczny biomasy agro – upraw roślin energetycznych

Lp.	Nazwa jednostki	Użytki rolne w złej kulturze rolnej (ha)	Grunty ugorowane łącznie z nawozami zielonymi 2020 (ha)	Potencjał teoretyczny wieloletnich roślin energetycznych (t/rok)	Potencjał techniczny wieloletnich roślin energetycznych (t/rok)	Energetyczny potencjał techniczny wieloletnich roślin energetycznych (GJ/rok)
	WOJ. MAŁOPOLSKIE	**14 562**	**7 470**	**352 500**	**105 750**	**1 586 252**
1	**Powiat bocheński**	707	515	19 564	5 869	88 040
2	**Powiat brzeski**	840	490	21 286	6 386	95 786
3	**Powiat chrzanowski**	414	140	8 858	2 657	39 861
4	**Powiat dąbrowski**	422	549	15 534	4 660	69 902
5	**Powiat gorlicki**	860	301	18 567	5 570	83 550
6	**Powiat krakowski**	875	1 273	34 365	10 310	154 644
7	**Powiat limanowski**	849	199	16 775	5 033	75 488

8	**Powiat miechowski**	316	134	7 196	2 159	32 381
9	**Powiat myślenicki**	1 085	233	21 082	6 325	94 869
10	**Powiat nowosądecki**	1 290	336	26 021	7 806	117 095
11	**Powiat nowotarski**	1 530	139	26 705	8 011	120 172
12	**Powiat olkuski**	576	613	19 022	5 707	85 600
13	**Powiat oświęcimski**	179	206	6 156	1 847	27 702
14	**Powiat proszowicki**	202	187	6 213	1 864	27 959
15	**Powiat suski**	1 199	64	20 209	6 063	90 940
16	**Powiat tarnowski**	1 862	1 408	52 325	15 698	235 464
17	**Powiat tatrzański**	149	3	2 422	727	10 899
18	**Powiat wadowicki**	739	300	16 620	4 986	74 790
19	**Powiat wielicki**	203	166	5 903	1 771	26 565
20	**Powiat Kraków**	168	165	5 332	1 600	23 993
21	**Powiat Nowy Sącz**	27	10	582	175	2 618
22	**Powiat Tarnów**	71	40	1 763	529	7 935



Rysunek 6.6 Energetyczny potencjał techniczny biomasy agro w postaci wieloletnich roślin energetycznych

6.3 Biogaz

6.3.1 Biogaz rolniczy

Biogazownie utylizujące odchody zwierzęce są propozycją głównie dla dużych gospodarstw rolnych specjalizujących się w hodowli. Dobrze zaprojektowana i użytkowana biogazownia pozwoli na ograniczenie odorów pochodzących z gnojowicy. Oprócz gnojowicy, czy obornika w biogazowni rolniczej fermentowane są zielonki i kiszonki kukurydzy, żyta, a także trawa, słoma, czy inne odpady z produkcji rolniczej. W procesie fermentacji metanowej zachodzącej w komorze fermentacyjnej powstaje mieszanina gazów, którego głównych składnikiem jest metan, a poza nim dwutlenek węgla i azot oraz szczątkowo siarkowodór, tlenek węgla i wodór.

Powstały biogaz najczęściej spalany jest w tłokowym agregacie kogeneracyjnym wytwarzającym energię elektryczną oraz ciepło.

Produktem ubocznym procesu fermentacji jest przefermentowana substancja organiczna, czyli tzw. osad pofermentacyjny zwany również pulpą pofermentacyjną. Jest to wysokiej jakości nawóz naturalny, który po stabilizacji może być wykorzystywany do nawożenia pól. Osad ten charakteryzuje się dużą płynnością i może być transportowany na pola w takiej postaci lub można oddzielić frakcje stałą od płynnej. Powstały kompost jest łatwiejszy w składowaniu i dalszej dystrybucji. Zaletą powstałego osadu jest duża zawartość związków biogennych łatwo przyswajalnych dla roślin i mniejszych emisjach zapachu niż gnojowica i inne nawozy naturalne. Jest także bezpieczniejszy w nawożeniu (nie zawiera żadnych patogenów chorobotwórczych a także nie powoduje wypalania roślin) (Szymański, 2012).

Najmniejsze w Polsce biogazownie rolnicze posiadają moc elektryczną rzędu 40 kW, chociaż obecnie prototypowo występują także pięciokrotnie mniejszej mocy – np. mikrobiogazownie o mocy elektrycznej 8 kW i cieplnej 4 kW w zabudowie kontenerowej, gdzie pojemność komory fermentacyjnej wynosi 75 m^3 [egie.pl, mikrobiogaz.pl]. Moce elektryczne

standardowych biogazowni rolniczych zaczynają się od 100 kW, a największe osiągają 2 000 kW. Moc cieplna jest około 1,5 razy większa od mocy elektrycznej.

Charakterystyczną cechą rolnictwa w województwie Małopolskim jest jego rozdrobnienie. Mikrobiogazownie rolnicze mogą być właściwym sposobem na zagospodarowanie obchodów zwierzęcych w średnich i dużych gospodarstwach, jak na warunki małopolski, czyli takich, które posiadają powyżej 10 sztuk bydła. Zgodnie z danymi GUS gospodarstw takich w Małopolsce jest ok. 4 000.

Potencjał teoretyczny biogazu rolniczego uwzględnia wykorzystanie 30% nieużytków rolniczych w danej gminie na potrzeby upraw kukurydzy na potrzeby biogazowni (współczynnik B = 0,3) oraz wykorzystanie odchodów zwierzęcych zwierząt hodowlanych.

W tabeli 6.7 zestawiono uzyski biogazu z poszczególnych substratów.

Tabela 6.7 Uzyski biogazu z poszczególnych substratów

Substrat	Roczny uzysk masy [t/ha*rok] / [t/szt.*rok]	Jednostkowy uzysk biogazu [m³/tśm substratu	U_{bg} Roczny uzysk biogazu [m³/(ha*rok)] [m³/(szt.*rok)]
Kukurydza – kiszonka (kk)	1ha*45t/ha=45tśm	185	8325
Gnojowica – bydło (gb)	1szt*25t/szt.=25 tśm	25	625
Gnojowica – trzoda (gt)	1szt*4,6t/szt.=4,6 tśm	30	138
Pomiot – kury (gd)	1szt*0,045t/szt.=0,045 tśm	80	3,6

- *Potencjał teoretyczny biogazu rolniczego*

$$Z_{brtti} = (A_U \times U_{bg-kk}) + (L_b \times U_{bg-b}) + (L_t \times U_{bg-t}) + (L_d \times U_{bg-d}) \left[\frac{m^3}{rok}\right]$$

gdzie:

Z_{brtti} – teoretyczne zasoby biogazu rolniczego w danym powiecie [t/rok],

A_U – powierzchnia nieużytków w danym powiecie [ha],

U_{bg-kk} – roczny uzysk biogazu z ha uprawy kukurydzy [m³/(ha*rok)].

L_b – liczba sztuk bydła hodowlanego w danym powiecie [szt.],

U_{bg-b} – roczny uzysk biogazu z 1 szt. bydła hodowlanego [m³/(szt.*rok)],

L_t – liczba sztuk trzody chlewnej w danym powiecie [szt.],

U_{bg-t} – roczny uzysk biogazu z 1 szt. trzody chlewnej [m³/(szt.*rok)],

L_d – liczba sztuk drobiu w danym powiecie [szt.],

U_{bg-d} – roczny uzysk biogazu z 1 szt. drobiu [m³/(szt.*rok)].

- *Potencjał techniczny biogazu rolniczego*

$$Z_{brtechi} = (A_U \times U_{bg-kk} \times B) + (L_b \times U_{bg-b} \times BB)$$

$$+(L_t \times U_{bg-t} \times T) + (L_d \times U_{bg-d} \times D) \left[\frac{m^3}{rok}\right]$$

gdzie:

Z_{brtti} – techniczne zasoby biogazu rolniczego w danym powiecie [t/rok],

A_U – powierzchnia nieużytków w danym powiecie [ha],

B – wskaźnik wykorzystania nieużytków w danym powiecie na potrzeby upraw kukurydzy do biogazowni (B = 0,3) [-],

U_{bg-kk} – roczny uzysk biogazu z ha uprawy kukurydzy [m^3/(ha*rok)],

L_b – liczba sztuk bydła hodowlanego w danym powiecie [szt.],

U_{bg-b} – roczny uzysk biogazu z 1 szt. bydła hodowlanego [m^3/(szt.*rok)],

BB – współczynnik określający udział w hodowli bydła gospodarstw posiadających nie mniej niż 10 sztuk dużych w całości gospodarstw hodowlanych w danym powiacie [-],

L_t – liczba sztuk trzody chlewnej w danym powiecie [szt.],

U_{bg-t} – roczny uzysk biogazu z 1 szt. trzody chlewnej [m^3/(szt.*rok)],

T – współczynnik określający udział w hodowli trzody gospodarstw posiadających nie mniej niż 100 sztuk trzody chlewnej w całości gospodarstw hodowlanych w danym powiacie [-],

L_d – liczba sztuk drobiu w danym powiecie [szt.],

U_{bg-d} – roczny uzysk biogazu z 1 szt. drobiu [m^3/(szt.*rok)],

D – współczynnik określający udział w hodowli drobiu gospodarstw posiadających nie mniej niż 1000 sztuk drobiu w całości gospodarstw hodowlanych w danym powiecie [-].

- *Energetyczny potencjał techniczny biogazu rolniczego*

$$E_{brtechi} = \frac{Z_{brtechi} \times Wu_{br}}{1000} \left[\frac{GJ}{rok}\right]$$

gdzie:

$E_{brtechi}$ – energetyczny potencjał techniczny biogazu rolniczego [GJ/rok],

$Z_{brtechi}$ – techniczne zasoby roślin energetycznych w danym powiecie [t/rok],

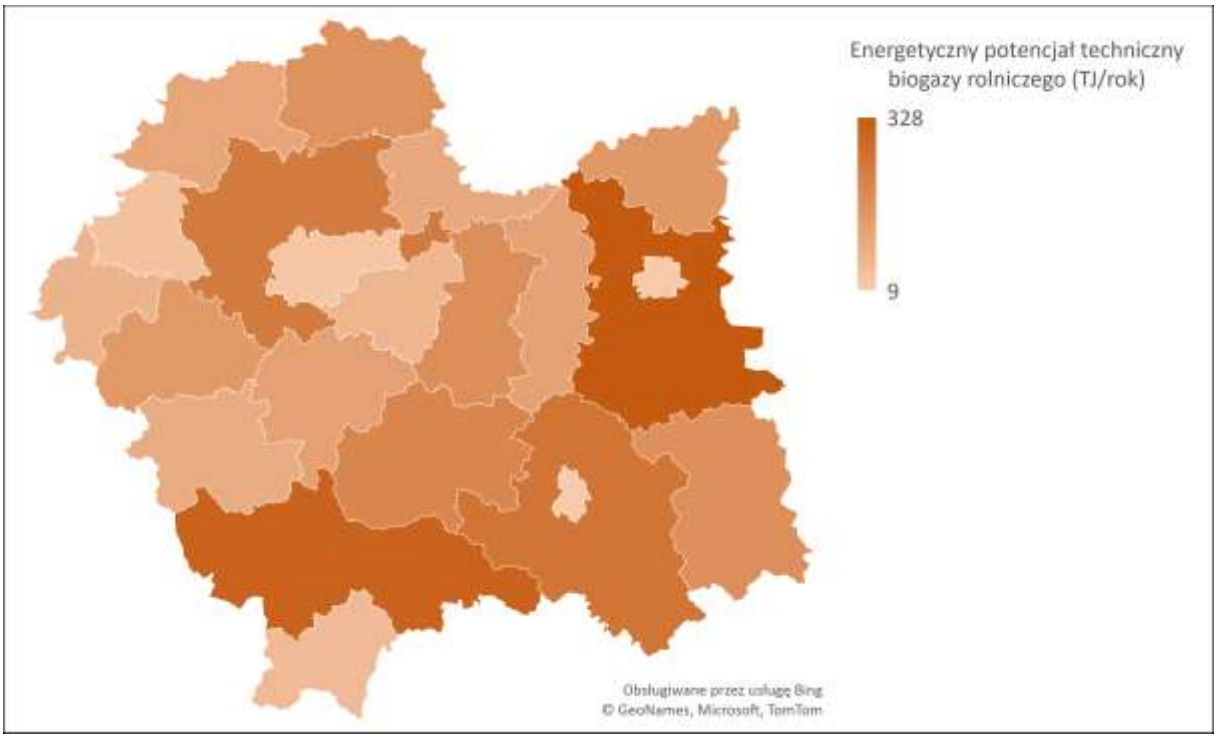
Wu_{br} – średnia wartość opałowa dla biogazu rolniczego (przyjęto Wu_{br} = 24 MJ/Nm^3 (dane literaturowe) [MJ/Nm^3].

W tabeli 6.8 oraz na rysunku 6.7 zestawiono dane dla województwa i wszystkich powiatów.

Tabela 6.8 Potencjał energetyczny biogazu rolniczego

Lp.	Nazwa jednostki	Bydło ogółem 2020 (szt.)	Bydło – krowy 2020 (szt.)	Trzoda chlewna (świnie) ogółem 2020 (szt.)	Drób ogółem 2020 (szt.)	Drób kurzy 2020 (szt.)	Potencjał teoretyczny biogazy rolniczego (m^3/rok)	Potencjał techniczny biogazy rolniczego (m^3/rok)	Energetyczny potencjał techniczny biogazy rolniczego (GJ/rok)
	WOJ. MAŁOPOLSKIE	**165 639**	**78 611**	**150 932**	**4 976 750**	**4 350 799**	**298483447**	**124183117**	**2980394**
1	Powiat bocheński	5 621	2 367	5 189	888 820	872 783	16591727	7434685	178432
2	Powiat brzeski	4 839	2 412	2 023	228	179 394	14266177	5195537	124693
3	Powiat chrzanowski	285	90	64	30 990	27 753	4846470	1537576	36901
4	Powiat dąbrowski	6 047	2 077	20 419	122 380	82 923	13879549	6300809	151219
5	Powiat gorlicki	15 025	8 426	1 343	203 547	179 531	17907037	7296850	175124
6	Powiat krakowski	6 016	2 220	13 722	544 964	524 191	24309941	9735485	233651
7	Powiat limanowski	16 755	8 715	11 403	167 921	149 349	18865767	8340670	200176
8	Powiat miechowski	13 153	3 334	28 353	86 962	48 201	13122050	7079941	169918
9	Powiat myślenicki	3 216	1 647	1 515	363 300	356 334	14005824	5264159	126339
10	Powiat nowosądecki	21 171	10 925	1 301	412 454	355 407	25233486	10408232	249797
11	Powiat nowotarski	30 800	18 118	584	238 891	122 388	30122315	12564369	301544
12	Powiat olkuski	3 083	1 173	6 074	114 762	80 295	12478864	4635336	111248

13	Powiat oświęcimski	3 065	1 184	5 066	336 472	321 471	6441263	3153145	75675
14	Powiat proszowicki	4 614	859	20 847	67 024	57 395	8061248	4319523	103668
15	Powiat suski	2 299	1 068	620	60 425	53 396	11870168	3923033	94152
16	Powiat tarnowski	12 267	5 787	10 527	523 381	464 401	36204269	13658104	327794
17	Powiat tatrzański	7 196	4 295	50	13 641	11 763	4907183	2218346	53240
18	Powiat wadowicki	6 114	2 258	14 089	253 701	221 288	14121449	6188487	148523
19	Powiat wielicki	2 920	1 172	7 229	187 266	181 400	6022101	2898260	69558
20	Powiat m. Kraków	773	319	319	30 870	25 923	3270627	1127015	27048
21	Powiat m. Nowy Sącz	320	145	14	74 332	73 141	717536	379087	9098
22	Powiat m. Tarnów	60	20	0	75 253	17 919	1213409	504478	12107



Rysunek 6.7 Energetyczny potencjał techniczny biogazu rolniczego

6.3.2 Biogaz oczyszczalniany

W województwie małopolskim istnieje także duży potencjał produkcji energii ze ścieków komunalnych. W województwie w 2013 roku pracowało 251 oczyszczalni ścieków

biologicznych i z podwyższonym oczyszczaniem biogenów, z tego 66 oczyszczalni obsługiwało ośrodki miejskie, a 185 obsługiwało wsie (Ochrona Środowiska 2014, GUS).

Podstawowym celem procesu fermentacji metanowej prowadzonej na oczyszczalniach ścieków jest przetworzenie osadów ściekowych otrzymywanych w procesie oczyszczania ścieków w tzw. ustabilizowany odpad. Stabilizacja beztlenowa jest jedną z technologii przeróbki osadów ściekowych, w wyniku której osad jest pozbawiony substancji podatnych na rozkład, bakterii chorobotwórczych, a tym samym nie jest już uciążliwy zapachowo. Dodatkową zaletą procesu jest pozyskanie biogazu, który jest cennym paliwem gazowym, a jednocześnie źródłem energii odnawialnej (Krzemień J., 2012).

Zgodnie z informacjami zawartymi w sprawozdaniu za 2013 rok z realizacji Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych [www.kzgw.gov.pl] w województwie małopolskim fermentacja osadów ściekowych przed końcowym zagospodarowaniem realizowana była na dwudziestu oczyszczalniach ścieków – są to oczyszczalnie ze średnią przepustowością ścieków w ilości ponad 8 000 m^3/dobę. Minimum taka przepustowość gwarantuje próg opłacalności budowy komory fermentacyjnej (Krzemień J., 2012). Pewnym rozwiązaniem dla oczyszczalni ścieków o małych przepustowościach może być wspólna komora fermentacyjna dla kilku/kilkunastu oczyszczalni ścieków. Od 2016 roku wchodzą w życie przepisy, które uniemożliwiają składowanie osadów ściekowych na składowiskach odpadów i fermentacja metanowa może być jedną z możliwości ograniczenia masy powstających osadów ściekowych – w ten sposób ograniczono masę osadów ściekowych w Niemczech (Pająk T., 2014).

- *Potencjał teoretyczny biogazu oczyszczalnianego*

$$Z_{botti} = LR \times P_{bg} \left[\frac{m^3}{rok}\right]$$

gdzie:

Z_{botti} – potencjał teoretyczny biogazu oszyszczalnianego w danym powiecie [m^3/rok],

LR – liczba ludności w danym powiecie [os.],

P_{bg} – wskaźnik uzysku biogazu [m^3/os*rok].

- *Potencjał techniczny biogazu oczyszczalnianego*

$$Z_{botechi} = LRM \times P_{bg} \left[\frac{m^3}{rok}\right]$$

gdzie:

$Z_{botechi}$ – potencjał techniczny biogazu oszyszczalnianego w danym powiecie [m^3/rok],

LRM – liczba ludności w danym powiecie podłączona do kanalizacji [os.],

P_{bg} – wskaźnik uzysku biogazu [m^3/os*rok].

- *Energetyczny potencjał techniczny*

$$E_{botechi} = \frac{Z_{botechi} \times Wu_{bo}}{1000} \left[\frac{GJ}{rok}\right]$$

gdzie:

$E_{botechi}$ – energetyczny potencjał techniczny biogazu oszyszczalnianego w danym powiecie [GJ/rok],

$Z_{botechi}$ – potencjał techniczny biogazu oszyszczalnianego w danym powiecie [m^3/rok],

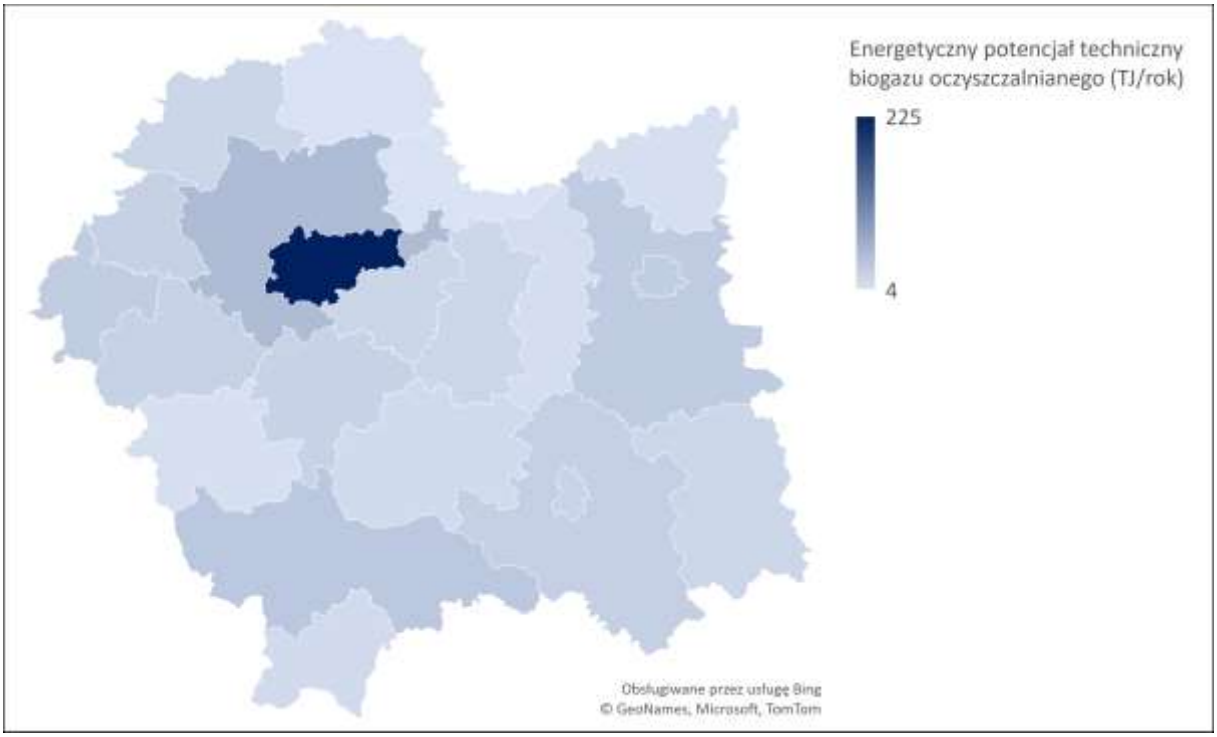
Wu_{bo} – średnia wartość opałowa dla biogazu oszyszczalnianego (przyjęto Wu_{bo} = 24 MJ/Nm^3 (dane literaturowe) [MJ/Nm^3].

W tabeli 6.9 oraz na rysunku 6.8 zestawiono dane dla województwa i wszystkich powiatów.

Tabela 6.9 Potencjał energetyczny biogazu oczyszczalnianego

Lp.	Nazwa jednostki	Liczba ludności (stan na 30 czerwca 2021)	Potencjał teoretyczny biogazu oczyszczalnianego (m^3/rok)	Wskaźnik skanalizowania	Potencjał techniczny biogazu oczyszczalnianego (m^3/rok)	Energetyczny potencjał techniczny biogazu oczyszczalnianego (GJ/rok)
	WOJ. MAŁOPOLSKIE	**3 431 148**	**43832916**	**61,4**	**26925296**	**646207**
1	**Powiat bocheński**	106 742	1363629	55,4	756117	18147
2	**Powiat brzeski**	92 099	1176565	34,4	404989	9720
3	**Powiat chrzanowski**	121 201	1548343	66,6	1031927	24766
4	**Powiat dąbrowski**	58 178	743224	41,6	309337	7424
5	**Powiat gorlicki**	106 639	1362313	55,1	750658	18016
6	**Powiat krakowski**	297 016	3794379	53,3	2023496	48564
7	**Powiat limanowski**	131 219	1676323	34,3	575525	13813

8	**Powiat miechowski**	47 579	607822	28,7	174520	4188
9	**Powiat myślenicki**	129 232	1650939	56,3	929554	22309
10	**Powiat nowosądecki**	214 693	2742703	39,4	1081421	25954
11	**Powiat nowotarski**	190 434	2432794	59,7	1453289	34879
12	**Powiat olkuski**	108 335	1383980	55,9	773256	18558
13	**Powiat oświęcimski**	150 683	1924975	63,4	1221376	29313
14	**Powiat proszowicki**	42 651	544867	33,4	182121	4371
15	**Powiat suski**	83 245	1063455	31,6	336313	8072
16	**Powiat tarnowski**	198 250	2532644	49,6	1256828	30164
17	**Powiat tatrzański**	66 883	854430	62,1	530728	12737
18	**Powiat wadowicki**	158 447	2024160	48,9	990740	23778
19	**Powiat wielicki**	139 403	1780873	44,1	785285	18847
20	**Powiat Kraków**	801 242	10235867	91,6	9377732	225066
21	**Powiat Nowy Sącz**	81 137	1036525	84,2	872293	20935
22	**Powiat Tarnów**	105 840	1352106	87,7	1185409	28450



Rysunek 6.8 Energetyczny potencjał techniczny biogazu oczyszczalnianego

6.3.3 Biogaz z odpadów organicznych

Istotną kwestią jest zagospodarowanie spożywczych odpadów organicznych. Obecnie takie odpady nie są deponowane na składowiskach odpadów. Są zbierane selektywnie i zagospodarowywane, np. na kompost. Niemniej jednak przefermentowane odpady organiczne, w postaci pofermentu także stanowią dobry nawóz.

- *Potencjał teoretyczny biogazu z odpadów organicznych*

$$Z_{booti} = LR \times L_{oo} \times P_{bgo} \left[\frac{m^3}{rok}\right]$$

gdzie:

Z_{booti} – potencjał teoretyczny biogazu z odpadów organicznych w danym powiacie [m^3/rok],

LR – liczba ludności w danym powiecie [os.],

L_{oo} – jednostkowy wskaźnik rocznego uzysku odpadów organicznych (przyjęto L_{oo} = 300 kg/os*rok) [kg/os*rok],

P_{bgoo} – wskaźnik uzysku biogazu (przyjęto P_{bgo} = 0,0419 m^3/kg) [m^3/kg].

- *Potencjał techniczny biogazu z odpadów organicznych*

$$Z_{bootechi} = LR \times L_{oo} \times P_{bgoo} \times w \left[\frac{m^3}{rok}\right]$$

gdzie:

$Z_{bootechi}$ – potencjał techniczny biogazu z odpadów organicznych w danym powiecie [m^3/rok],

LR – liczba ludności w danym powiecie [os.],

L_{oo} – jednostkowy wskaźnik rocznego uzysku odpadów organicznych (przyjęto L_{oo} = 300 kg/os*rok) [kg/os*rok],

P_{bgo} – wskaźnik uzysku biogazu (przyjęto P_{bgo} = 0,0419 m^3/kg) [m^3/kg],

w – wskaźnik zagospodarowania odpadów organicznych na cele produkcji biogazu (przyjęto w = 0,7 [-].

- *Energetyczny potencjał techniczny biogazu z odpadów organicznych*

$$E_{bootechi} = \frac{Z_{bootechi} * Wu_{boo}}{1000} \left[\frac{GJ}{rok}\right]$$

gdzie:

$E_{botechi}$ – energetyczny potencjał techniczny biogazu z odpadów organicznych w danym powiecie [GJ/rok],

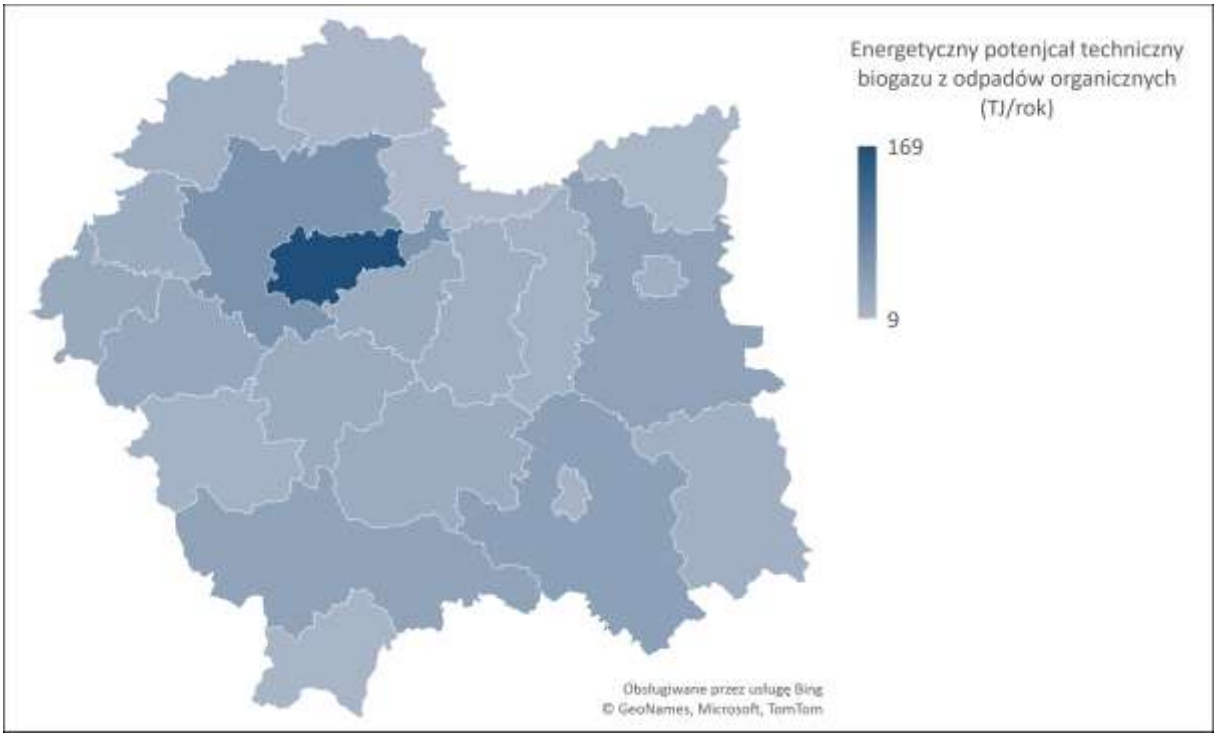
$Z_{botechi}$ – potencjał techniczny biogazu z odpadów organicznych w danym powiecie [m^3/rok],

Wu_{boo} – średnia wartość opałowa dla biogazu z odpadów organicznych (przyjęto Wu_{boo} = 24 MJ/Nm^3 (dane literaturowe) [MJ/Nm^3].

W tabeli 6.10 oraz na rysunku 6.9 zestawiono dane dla województwa i wszystkich powiatów.

Tabela 6.10 Potencjał energetyczny biogazu z odpadów organicznych

Lp.	Nazwa jednostki	Liczba ludności (stan na 30 czerwca 2021)	Potencjał biogazu z odpadów organicznych (m^3/rok)	Potencjał techniczny biogazu odpadów organicznych (m^3/rok)	Energetyczny Potencjał techniczny biogazu odpadów organicznych (GJ/rok)
	MAŁOPOLSKIE	3 431 148	43129530	30190671	724576
1	**Powiat bocheński**	106 742	1341747	939223	22541
2	**Powiat brzeski**	92 099	1157684	810379	19449
3	**Powiat chrzanowski**	121 201	1523497	1066448	25595
4	**Powiat dąbrowski**	58 178	731297	511908	12286
5	**Powiat gorlicki**	106 639	1340452	938317	22520
6	**Powiat krakowski**	297 016	3733491	2613444	62723
7	**Powiat limanowski**	131 219	1649423	1154596	27710
8	**Powiat miechowski**	47 579	598068	418648	10048
9	**Powiat myślenicki**	129 232	1624446	1137112	27291
10	**Powiat nowosądecki**	214 693	2698691	1889084	45338
11	**Powiat nowotarski**	190 434	2393755	1675629	40215
12	**Powiat olkuski**	108 335	1361771	953240	22878
13	**Powiat oświęcimski**	150 683	1894085	1325860	31821
14	**Powiat proszowicki**	42 651	536123	375286	9007
15	**Powiat suski**	83 245	1046390	732473	17579
16	**Powiat tarnowski**	198 250	2492003	1744402	41866
17	**Powiat tatrzański**	66 883	840719	588504	14124
18	**Powiat wadowicki**	158 447	1991679	1394175	33460
19	**Powiat wielicki**	139 403	1752296	1226607	29439
20	**Powiat Kraków**	801 242	10071612	7050128	169203
21	**Powiat Nowy Sącz**	81 137	1019892	713924	17134
22	**Powiat Tarnów**	105 840	1330409	931286	22351



Rysunek 6.9 Potencjał energetyczny biogazu z odpadów organicznych

6.4 Zużycie energii w Małopolsce

Według danych GUS w 2020 roku w Małopolsce zużyto 4,5 mln ton węgla kamiennego, co energetycznie odpowiada 112,8 tys. TJ energii. Prawie 2,3 mln ton w elektrowniach i elektrociepłowniach, 1,2 mln ton zużyto w przemyśle i budownictwie, a 830 tysięcy ton zużyto w sektorze drobnych odbiorców (gospodarstwach domowych, rolnictwie, itp.). Energii w gazie ziemnym zużyto 56,7 tys. TJ, w tym w elektrowniach i elektrociepłowniach 1,16 tys. TJ, a w sektorze drobnych odbiorców 30,1 tys. TJ. Głównym nośnikiem energii w Małopolsce jest węgiel kamienny, a o połowę mniej niż węgla zużyto gazu ziemnego. Sektor drobnych odbiorców zużywa 18,3% węgla zużywanego w Małopolsce oraz za 53% zużycia gazu. W tabeli 6.11 zestawiono Zużycie konwencjonalnych paliw i nośników energii w Małopolsce w 2020 r.

Tabela 6.11 Zużycie konwencjonalnych paliw i nośników energii w Małopolsce w 2020 r. (GUS, 2021)

	Węgiel kamienny (tys. ton) [TJ]	**Gaz ziemny (TJ)**	**Gaz płynny (tys. t)**	**Lekki olej opałowy (tys. t)**	**Zużycie ciepła (TJ)**	**Zużycie energii elektrycznej (GWh)**
Zużycie ogółem	**4511 [112 775 TJ]**	**56752**	**37**	**37**	**32187**	**13382**
Elektrownie i elektrociepłownie	2266 [56 650 TJ]	1158		2		
Kotły ciepłownicze energetyki zawodowej	44 [1 100 TJ]	29		2		
Ciepłownie niezawodowe	6 [150 TJ]	11				

Ciepłownie zawodowe	133 [3 325 TJ]	246				
Przemysł i budownictwo**	1232 [30 800 TJ]	24487	5	4	18790	4798
Transport	0	228			124	357
Sektor drobnych odbiorców	830 [20 750 TJ]	30109	32	29	13273	7124
Rolnictwo	*38* *[950 TJ]*		*2*	*3*	*73*	*151*
Gospodarstwa domowe	*732* *[18 300 TJ]*	20513	*28*	*6*	*10982*	*2901*
Pozostali odbiorcy	*60* *[1 500 TJ]*	9596	*3*	*20*	*2218*	*4073*

6.5 Możliwość substytucji konwencjonalnych nośników energii energią biomasy

Biorąc pod uwagę różne właściwości poszczególnych biopaliw wydzielono następujące grupy:

- drewno, odpady z sadów i wieloletnich upraw energetycznych z energetycznym potencjałem technicznym równym 11 881 TJ/rok,
- biomasa ze słomy i siana z energetycznym potencjałem technicznym równym 4 997 TJ/rok,
- biogaz (łącznie rolniczy, oczyszczalniany i z odpadów organicznych) z energetycznym potencjałem technicznym równym 4 353 TJ/rok.

Biorąc pod uwagę zużycie węgla w gospodarstwach domowych, to biomasa drzewna posiada potencjał energetyczny do zastąpienia węgla w gospodarstwach domowych prawie w 65%. Biorąc pod uwagę zużycie węgla kamiennego przez ciepłownie energetyki zawodowej, to biomasa agro (słoma i siano) może pokryć praktycznie w 100% zapotrzebowanie na węgiel dla tych jednostek. Potencjał energetyczny biogazu może stanowić energetycznie około 7,7% rocznego zużycia gazu w Małopolsce.

7. Pompy ciepła

Pompy ciepła to urządzenia, które wykorzystują ciepło zakumulowane w odnawialnych źródłach energii do ogrzewania budynków oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej. Ciepło niskotemperaturowe, wykorzystywane przez pompy ciepła, najczęściej jest zakumulowane w gruncie, wodzie, powietrzu i określane jest mianem dolnego źródła. Pompy ciepłą mogą być stosowane do ogrzewania niewielkich budynków, np. domów jednorodzinnych lub do dużych budynków takich jak budynki wielorodzinne lub budynków zbiorowego zamieszkania. Stosując pompę ciepła ok. 75% energii otrzymujemy za darmo ze środowiska (np. ciepło zmagazynowane w Ziemi), płacimy jedynie za energię zużywaną do napędu sprężarki i pozostałych elementów pompy ciepłą. Zatem z 1 kWh energii elektrycznej otrzymujemy 4 kWh ciepła. Oznacza to, że pompy ciepła są urządzeniami, które służą do pozyskiwania energii z Odnawialnych Źródeł Energii. Zakładając, że większość energii wykorzystywanej przez pompy ciepła pochodzi z dolnego źródła jakim jest grunt i powietrze to potencjał pomp ciepła należy uzależnić od dostępności energii zakumulowanej w tych źródłach ciepła. Należy mieć na uwadze, że w ostatnich latach sprzedaż gruntowych pomp ciepła jest stabilna i wynosi ok. 6 tys. sztuk na rok, podczas gdy sprzedaż powietrznych pomp ciepła rok do roku rośnie blisko dwukrotnie, a w 2021 roku sprzedano prawie 80 tys. sztuk pomp ciepła typu powietrze – woda, co zobrazowano na rysunku 7.1.

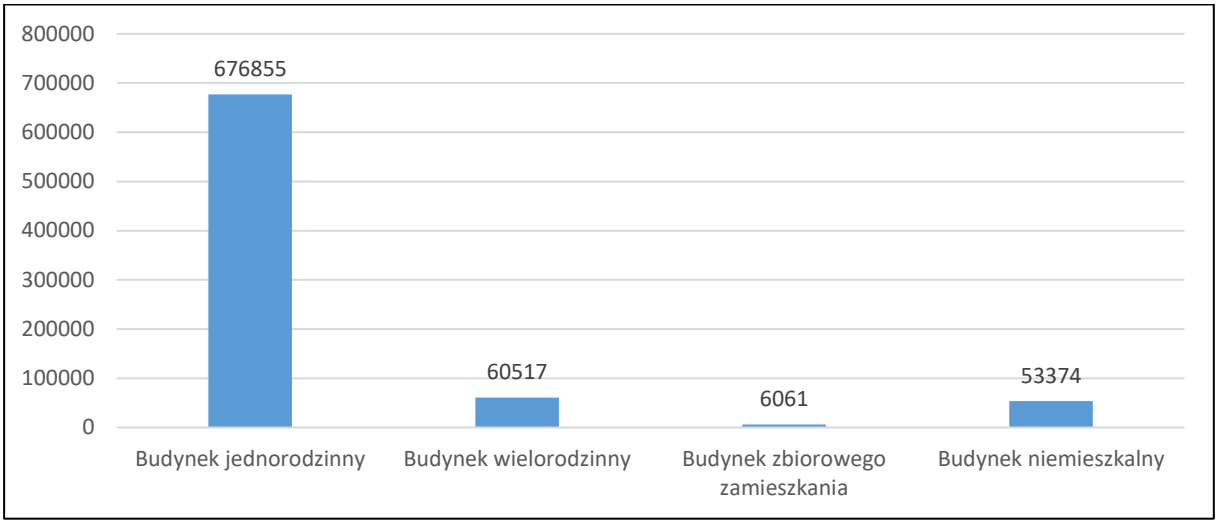
Rysunek 7.1 Rynek pomp ciepła w Polsce (źródło: PORT PC)

Pompy ciepła typu powietrze woda odbierając ciepło od powietrza obniżają jego temperaturę o kilka stopni Celsjusza. Jest to zatem potencjał niewyczerpywalny z punktu widzenia stosowania powietrznych pomp ciepła. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku gruntowych pomp ciepła, w których do odbioru ciepła z gruntu stosuje się pionowe lub poziome wymienniki ciepła. W zakresie projektowania i wykonania pionowych gruntowych wymienników ciepła dla pomp ciepła ramy prawne określa Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 23 grudnia 2020 r. w sprawie innych dokumentacji geologicznych. Zgodnie z Prawem geologicznym i górniczym otwory do głębokości 30 m wykonane w celu wykorzystania ciepła ziemi na terenach nie górniczych nie wymagają projektu robót geologicznych. Dla otworów głębszych niż 30 m konieczne jest wykonanie projektu. W przypadku otworów głębszych niż 100 m obowiązują wymogi wykonania planu ruchu

zakładu górniczego. Poziome gruntowe wymienniki ciepła według prawa budowlanego nie wymagają pozwolenia na budowę. Nie są pojedynczą instalacją, lecz częścią systemu pompy ciepła. Wykonanie poziomego gruntowego wymiennika ciepła wymaga zgłoszenia do wójta, burmistrza lub prezydenta. Można zatem przyjąć, że potencjał stosowania gruntowych pomp ciepła również jest nieograniczony, a przeciwskazania związane ze stosowaniem gruntowych wymienników ciepła dotyczyć mogą aspektów technicznych takich jak minimalna powierzchnia działki jak również możliwość dojazdu wiertni/koparki. Starosta może również zgłosić sprzeciw na wykonanie otworowych wymienników ciepła jeżeli:

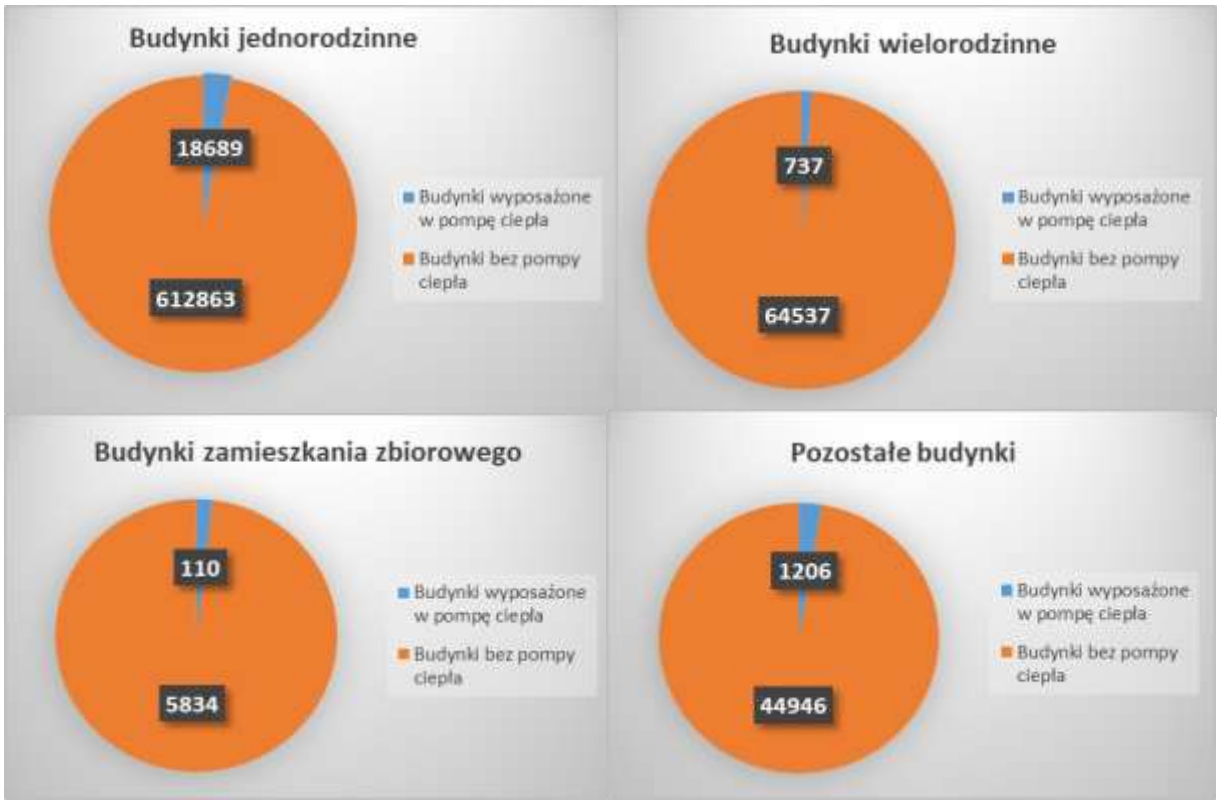
- sposób wykonywanych robót geologicznych zagraża środowisku,
- projekt robót geologicznych nie odpowiada wymogom prawa.

Rozważając możliwość stosowania pomp ciepła do ogrzewania budynków należy brać pod uwagę zalety pomp ciepła i argumenty jakimi kierują się użytkownicy tych systemów grzewczych. Zaliczyć do nich można przede wszystkim możliwość pozyskiwania odnawialnych źródeł energii, bezobsługowość oraz systemy zachęt i wsparcia. Przepisy prawa międzynarodowego, państwowego oraz lokalnego kładą nacisk na konieczność transformacji energetycznej. Stawiane są wymagania dotyczące przechodzenia na niskoemisyjne oraz ekologiczne źródła energii i wyznaczane są cele w zakresie zrównoważonego rozwoju. Odpowiedzialne i nowoczesne podejście do pozyskiwania i oszczędzania energii ma pozwolić na spowolnienie zmian klimatu i uniknięcie ich ekstremalnych skutków, ale także na poprawę jakości powietrza do czego idealnie nadają się pompy ciepła. Z tego względu potencjał pomp ciepła uzależniony jest od ilości budynków, w których pompy ciepła mogą być zastosowane. Biorąc pod uwagę właściwości pomp ciepła do jakich należy zmiana wydajności grzewczej wraz z temperaturą dolnego źródła do większych budynków takich jak budynki wielorodzinne i budynki zamieszkania zbiorowego należy przewidzieć stosowanie gruntowych pomp ciepła, a do mniejszych budynków takich jak domy jednorodzinne należy przewidzieć stosowanie powietrznych pomp ciepła. Stosując kryterium ilości budynków do określenia potencjału pomp ciepła należy zaznaczyć, ze budynki w których znajduje się już pompa ciepła nie powinny być brane pod uwagę. Do oszacowania ilości budynków z podziałem na kryteria wielkości oraz stosowanego obecnie źródła ciepła posłużyła Centralna Ewidencja Emisyjności Budynków, w której znajdują się niezbędne informacje. Zestawienie budynków pod względem ich wielkości oraz charakteru użytkowania (mieszkalny/niemieszkalny) przedstawiono na rysunku 7.2



Rysunek 7.2 Zestawienie budynków w zależności od ich wielkości oraz charakteru użytkowania

Z danych przedstawionych na rysunku 7.2 wynika, że w Małopolsce największy udział spośród wszystkich typów budynków stanowią budynki jednorodzinne. Obserwując obecny trend w instalowaniu pomp ciepła, największy potencjał mają powietrzne pompy ciepła. Ostateczne liczby należy pomniejszyć o ilość budynków, w których już zainstalowane są pompy ciepła. Podział budynków dla całego Województwa Małopolskiego, w zależności od zastosowanego źródła ogrzewania przedstawiono na rysunku 7.3.



Rysunek 7.3 Podział budynków na obiekty wyposażone w pompy ciepła oraz na obiekty bez pompy ciepła

Z danych zaprezentowanych na rysunku 7.3 wynika, że potencjał na pompy ciepła w Małopolsce jest bardzo duży. Na podstawie danych zawartych w Centralnej Ewidencji Emisyjności Budynków obliczono, że pod koniec 2022 roku w Małopolsce zgłoszonych było łącznie 748922 budynków, z czego 20742 budynki są już wyposażone w pompę ciepła, co stanowi mniej niż 3% całości. Pozostałe budynki stanowią potencjał dla wykorzystania pomp ciepła. Szczegółową strukturę budynków wyposażonych obecnie w pompy ciepła oraz budynków ogrzewanych innym urządzeniem, z podziałem na powiaty zestawiono w tabelach od 7.1 do 7.5.

Tabela 7.1 Podział wszystkich typów budynków na obiekty wyposażone w pompy ciepła oraz na obiekty bez pomp ciepła dla każdego z powiatów

		Wszystkie typy budynków razem		
Lp.	**Powiat**	Wszystkie budynki bez względu na urządzenie grzewcze	Budynki w powiecie z pompą ciepła	Budynki w powiecie bez pomp ciepła
1	**bocheński**	28 611	568	28 043
2	**brzeski**	25 504	416	25 088
3	**chrzanowski**	23 403	527	22 876
4	**dąbrowski**	14 290	168	14 122
5	**gorlicki**	27 508	599	26 909
6	**krakowski**	87 480	2 644	84 836
7	**limanowski**	34 233	671	33 562
8	**miechowski**	14 786	281	14 505
9	**myślenicki**	37 447	1 073	36 374
10	**nowosądecki**	57 486	1 570	55 916
11	**nowotarski**	48 049	2 751	45 298
12	**olkuski**	26 562	391	26 171
13	**oświęcimski**	32 671	799	31 872
14	**proszowicki**	11 972	242	11 730
15	**suski**	25 611	1 783	23 828
16	**tarnowski**	54 957	804	54 153
17	**tatrzański**	19 269	953	18 316
18	**wadowicki**	42 633	996	41 637
19	**wielicki**	40 685	903	39 782
20	**Kraków**	69 590	2 217	67 373
21	**Nowy Sącz**	12 009	188	11 821
22	**Tarnów**	14 166	198	13 968

Tabela 7.2 Podział budynków jednorodzinnych na obiekty wyposażone w pompy ciepła oraz na obiekty bez pomp ciepła dla każdego z powiatów

Budynek jednorodzinny

Lp.	Powiat	Wszystkie budynki bez względu na urządzenie grzewcze	Budynki w powiecie z pompą ciepła	Budynki w powiecie bez pomp ciepła
1	**bocheński**	25 378	525	24 853
2	**brzeski**	23 109	387	22 722
3	**chrzanowski**	19 629	483	19 146
4	**dąbrowski**	13 345	151	13 194
5	**gorlicki**	24 397	542	23 855
6	**krakowski**	77 329	2 463	74 866
7	**limanowski**	31 366	632	30 734
8	**miechowski**	13 315	260	13 055
9	**myślenicki**	32 853	999	31 854
10	**nowosądecki**	52 062	1 471	50 591
11	**nowotarski**	42 637	2 542	40 095
12	**olkuski**	22 366	344	22 022
13	**oświęcimski**	27 524	712	26 812
14	**proszowicki**	10 886	215	10 671
15	**suski**	23 041	1 698	21 343
16	**tarnowski**	50 948	756	50 192
17	**tatrzański**	15 510	808	14 702
18	**wadowicki**	36 865	879	35 986
19	**wielicki**	34 652	792	33 860
20	**Kraków**	35 950	1 724	34 226
21	**Nowy Sącz**	8 994	163	8 831
22	**Tarnów**	9 396	143	9 253

Tabela 7.3 Podział budynków wielorodzinnych na obiekty wyposażone w pompy ciepła oraz na obiekty bez pomp ciepła dla każdego z powiatów

		Budynek wielorodzinny		
Lp.	**Powiat**	Wszystkie budynki bez względu na urządzenie grzewcze	Budynki w powiecie z pompą ciepła	Budynki w powiecie bez pomp ciepła
1	**bocheński**	1 462	14	1 448
2	**brzeski**	882	3	879
3	**chrzanowski**	2 150	15	2 135
4	**dąbrowski**	382	5	377
5	**gorlicki**	1 579	12	1 567
6	**krakowski**	4 882	59	4 823
7	**limanowski**	1 150	9	1 141
8	**miechowski**	741	5	736

9	**myślenicki**	2 330	28	2 302
10	**nowosądecki**	2 382	33	2 349
11	**nowotarski**	2 697	92	2 605
12	**olkuski**	2 330	20	2 310
13	**oświęcimski**	2 828	27	2 801
14	**proszowicki**	364	6	358
15	**suski**	1 187	33	1 154
16	**tarnowski**	1 356	10	1 346
17	**tatrzański**	1 956	47	1 909
18	**wadowicki**	2 687	37	2 650
19	**wielicki**	3 508	44	3 464
20	**Kraków**	23 588	213	23 375
21	**Nowy Sącz**	1 949	10	1 939
22	**Tarnów**	2 884	15	2 869

Tabela 7.4 Podział budynków zamieszkania zbiorowego na obiekty wyposażone w pompy ciepła oraz na obiekty bez pomp ciepła dla każdego z powiatów

		Budynek zamieszkania zbiorowego		
Lp.	**Powiat**	Wszystkie budynki bez względu na urządzenie grzewcze	Budynki w powiecie z pompą ciepła	Budynki w powiecie bez pomp ciepła
1	**bocheński**	113	1	112
2	**brzeski**	81	0	81
3	**chrzanowski**	137	1	136
4	**dąbrowski**	40	0	40
5	**gorlicki**	78	2	76
6	**krakowski**	351	4	347
7	**limanowski**	132	0	132
8	**miechowski**	66	1	65
9	**myślenicki**	121	1	120
10	**nowosądecki**	372	5	367
11	**nowotarski**	329	15	314
12	**olkuski**	208	2	206
13	**oświęcimski**	141	3	138
14	**proszowicki**	32	1	31
15	**suski**	118	5	113
16	**tarnowski**	145	1	144
17	**tatrzański**	655	41	614
18	**wadowicki**	240	5	235
19	**wielicki**	353	4	349

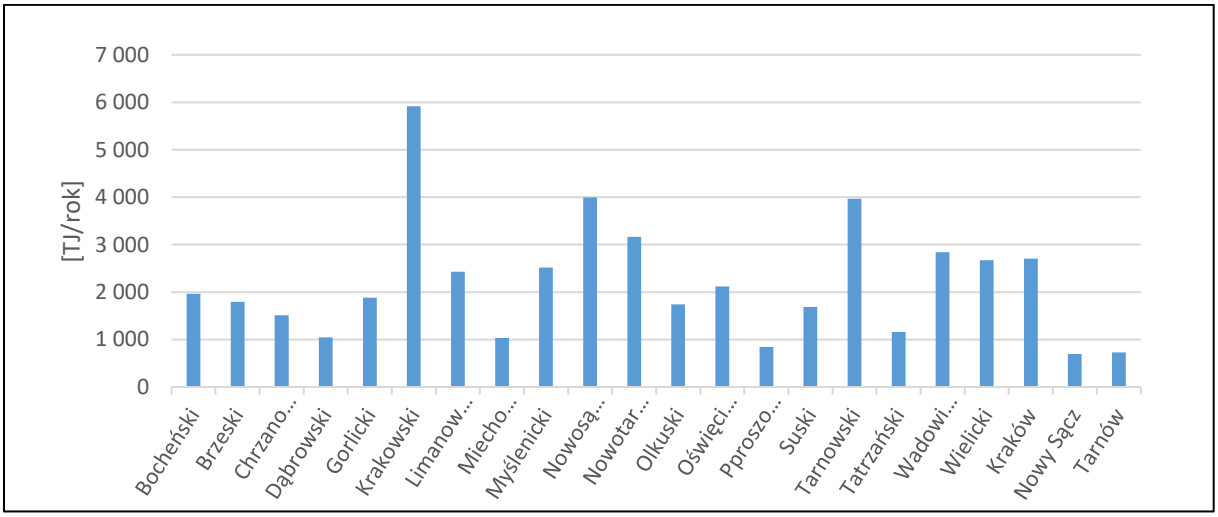
20	**Kraków**	1 931	15	1 916
21	**Nowy Sącz**	114	1	113
22	**Tarnów**	187	2	185

Tabela 7.5 Podział budynków pozostałych dla deklaracji B na obiekty wyposażone w pompy ciepła oraz na obiekty bez pomp ciepła dla każdego z powiatów

		Pozostałe budynki dla deklaracji B		
Lp.	**Powiat**	Wszystkie budynki bez względu na urządzenie grzewcze	Budynki w powiecie z pompą ciepła	Budynki w powiecie bez pomp ciepła
1	**bocheński**	1 658	28	1 630
2	**brzeski**	1 432	26	1 406
3	**chrzanowski**	1 487	28	1 459
4	**dąbrowski**	523	12	511
5	**gorlicki**	1 454	43	1 411
6	**krakowski**	4 918	118	4 800
7	**limanowski**	1 585	30	1 555
8	**miechowski**	664	15	649
9	**myślenicki**	2 143	45	2 098
10	**nowosądecki**	2 670	61	2 609
11	**nowotarski**	2 386	102	2 284
12	**olkuski**	1 658	25	1 633
13	**oświęcimski**	2 178	57	2 121
14	**proszowicki**	690	20	670
15	**suski**	1 265	47	1 218
16	**tarnowski**	2 508	37	2 471
17	**tatrzański**	1 148	57	1 091
18	**wadowicki**	2 841	75	2 766
19	**wielicki**	2 172	63	2 109
20	**Kraków**	8 121	265	7 856
21	**Nowy Sącz**	952	14	938
22	**Tarnów**	1 699	38	1 661

Z danych zaprezentowanych w tabelach 1 do 5 wynika, że w każdym powiecie największą ilość budynków bez pomp ciepła stanowią budynki jednorodzinne. Jest to zatem grupa budynków stanowiąca największy potencjał dla technologii pomp ciepła. To właśnie dla tych budynków oszacowany został potencjał ilości energii możliwej do pozyskania wykorzystując pompy ciepła. Z raportu opracowanego przez Główny Urząd Statystyczny, dotyczącego zużycia energii w gospodarstwach domowych w 2018 r. wynika, że średnioroczne zużycie energii na

potrzeby ogrzewania w gospodarstwach domowych wynosi 79 GJ/rok. Całkowity potencjał Województwa Małopolskiego szacuje się na 48416 TJ/rok. Szczegółowe dane dotyczące potencjału dla pomp ciepła w poszczególnych powiatach Województwa Małopolskiego zobrazowano na wykresie na rysunku 7.4 oraz w tabeli 7.6.



Rysunek 7.4 Obliczone wartości potencjalnej ilości energii z pomp ciepła

Tabela 7.6 Potencjał pomp ciepła z podziałem na powiaty

Lp.	Powiat	Ilość energii możliwej do pozyskania z wykorzystaniem pomp ciepła [TJ]
1	bocheński	1 963
2	brzeski	1 795
3	chrzanowski	1 513
4	dąbrowski	1 042
5	gorlicki	1 885
6	krakowski	5 914
7	limanowski	2 428
8	miechowski	1 031
9	myślenicki	2 516
10	nowosądecki	3 997
11	nowotarski	3 168
12	olkuski	1 740
13	oświęcimski	2 118
14	proszowicki	843
15	suski	1 686
16	tarnowski	3 965
17	tatrzański	1 161
18	wadowicki	2 843
19	wielicki	2 675
20	Kraków	2 704
21	Nowy Sącz	698
22	Tarnów	731

8. Wody kopalniane

Energia wód kopalnianych to energia cieplna zawarta w strumieniu wód pochodzących z procesu odwadniania podziemnych zakładów górniczych. Podobnie jak w przypadku zasobów geotermalnych, ciepło związane z wodami kopalnianymi generowane jest w skorupie ziemskiej i akumulowane w górotworze oraz wodzie, która wypełnia pory i szczeliny skalne. Są to zasoby wód podziemnych, z różnych poziomów i horyzontów wodonośnych, uzależnionych od danej lokalizacji hydrogeologicznej. Temperatura wód kopalnianych jest ściśle związana z głębokością, na której prowadzone są w danym okresie roboty górnicze. Możliwe do wykorzystania zasoby wodne, wynikają z konieczności odwodnienia górotworu, czyli utworzenia obszernego leja depresji dla zabezpieczenia wyrobisk górniczych przed dopływem wody, która stanowi zagrożenie dla prowadzonych robót w wyrobiskach podziemnych. Układ komór, korytarzy i wyrobisk podziemnych stanowi system sztucznych szczelin, które w normalnych warunkach eksploatacji kopalń wypełnia powietrze. Wody kopalniane pompowane są na powierzchnię i odprowadzane zwykle do rzek w sposób bezpośredni bądź poprzez system zbiorników retencyjnych. Temperatura wód kopalnianych, kształtuje się na poziomie od ok. 15 do ok. 25°C.

Z zasobów odprowadzanych z zakładów górniczych wód kopalnianych istnieje możliwość odzysku energii cieplnej i energii elektrycznej. Odzysk ciepła realizowany jest zwykle w oparciu o systemy pomp ciepła woda-woda, natomiast odzysk energii elektrycznej wykorzystuje techniki stosowane w energetyce wodnej (hydroelektrowniach), omówionych w rozdziale 3 niniejszego raportu.

Poza czynnymi zakładami górniczymi, również zlikwidowane podziemne zakłady górnicze mogą być rozpatrywane jako obiekty OZE. Występujące na głębokościach kilkuset m p.p.t. zroby i wyrobiska górnicze, zatopione po zaprzestaniu eksploatacji i odwadniania kopalń, wykazują istotny potencjał geotermalny. Związany jest on z podwyższoną temperaturą wody w górotworze, a pozyskanie energii może ułatwić infrastruktura w postaci szybów kopalnianych.

Do oszacowania ilości energii możliwej do pozyskania z wód kopalnianych konieczne jest zgromadzenie szczegółowych danych z poszczególnych czynnych i zlikwidowanych podziemnych zakładów górniczych. Każdy przypadek musi być rozpatrywany odrębnie, z uwagi na specyfikę hydrogeologiczną, infrastrukturalną oraz formalno-prawną. Okres wykorzystania zasobów wód kopalnianych w czynnych zakładach górniczych uwarunkowany jest wielkością zasobów eksploatacyjnych i przemysłowych które przewidziane są do wydobycia, warunkowanego terminem obowiązywania koncesji.

Oszacowanie zasobów energii cieplnej z wód kopalnianych opracowano w odniesieniu do potencjału teoretycznego określanego jako całkowita energia jaką można uzyskać schładzając wodę kopalnianą do temperatury 10°C. Maksymalną moc uzyskiwaną ze strumienia wody obliczono ze wzoru (Bujakowski i in., 2005):

$$P_{max} = cw \times \rho \times (T_1 - T_2) \times Q_{śr}\ [W]$$

gdzie:

cw – ciepło właściwe wody [J/(kg°C)],

ρ – gęstość wody [kg/m^3],

$Q_{śr}$ – średni strumień wypompowywanej wody [m^3/s],

T_1 – temperatura wypompowywanej wody [°C],

T_2 – minimalna temperatur do której schładzana jest woda [°C].

Całkowitą energię możliwą do pozyskania w okresie roku obliczono w oparciu o wzór (Bujakowski i in., 2005):

$$E_{max} = P_{max} \times 0{,}032\ [\frac{GJ}{rok}]$$

Potencjał techniczny inwestycji wykorzystujących energię cieplną wód kopalnianych ograniczony jest prawnością całego systemu pozyskania energii η, a całkowita energia produkowana przez system w ciągu roku ograniczona jest współczynnikiem rocznego wykorzystania mocy cieplnej, który przyjęto za literaturą za poziomie 0,3 (Bujakowski i in., 2005).

$$E_{tech} = E_{max} \times 0{,}3 \times \eta\ [\frac{GJ}{rok}]$$

Ocenę uwarunkowań związanych z potencjałem wód kopalnianych dla województwa małopolskiego opracowano dla obiektów prowadzących działalność górniczą polegająca na wydobyciu węgla kamiennego. Jedynym czynnym zakładem górniczym w województwie małopolskim jest TAURON Wydobycie S.A. Zakład Górniczy Janina w Libiążu. Zakład Górniczy Janina prowadzi działalność produkcyjną na obszarze górniczym o powierzchni 81,13 km^2 (https://www.tauron-wydobycie.pl). Mając na względzie warunki zalegania złoża, stan jego rozpoznania, rozbudowaną sieć nieciągłości tektonicznych, zagospodarowanie powierzchni oraz aspekty ekonomiczne szacuje się, że efektywna baza zasobowa zostanie znacząco zredukowana, niemniej zapewnia stabilne funkcjonowanie zakładu przy założonym poziomie wydobycia przez ok. 60 – 70 lat.

Wody kopalniane z odwodnienia zakładu górniczego, w ilości ok. 19 m^3/min, 12 800 000 m^3/d (https://www.tauron-wydobycie.pl) odprowadzane są do potoku Gromieckiego uchodzącego do rzeki Wisły (POŚ, 2013). Na drodze zrzutu wody do rz. Wisły brak jest zbiornika pośredniego, retencyjnego. Wykorzystywane są tylko osadniki dla sedymentacji zawiesiny z wody. Szacuje się, że temperatura odprowadzanych wód kopalnianych wynosi ok. 22°C. Zasolenie wody jest stosunkowo wysokie ok. 27 g/dm^3.

W tabeli 8.1 przedstawiono maksymalny potencjał wykorzystania wód kopalnianych z Zakładu Górniczego Janina w Libiążu. Podwyższone zasolenie wód kopalnianych decyduje o konieczności zastosowania pośrednich wymienników ciepła, dla zabezpieczania urządzeń przed osadzaniem minerałów wtórnych oraz korozją. Zagadnienie to zostało szerzej opisane w pracach Mazurkiewicz i in. (2017, 2018), Kmiecik i in. (2017).

System odprowadzanie wód kopalnianych z ZG Janina uniemożliwia odzysk energii elektrycznej.

Tabela 8.1 Maksymalny potencjał teoretyczny i techniczny wód kopalnianych

Zakład górniczy	**P_{max} [MW]**	**E_{max} [TJ/r]**	**E_{tech} [TJ/rok]**
ZG Janina	95,28	3049	475

9. Ciepło odpadowe

W związku ze zwiększającym się zużyciem konwencjonalnych nośników energii i związanym z tym stopniowym ich wyczerpywaniem, a także ze względu na ich niekorzystny wpływ na środowisko naturalne, niezbędnym jest maksymalizowanie efektywnego wykorzystania wytworzonego w wyniku spalania ciepła. Aby zmniejszyć zależność od paliw kopalnych i jednocześnie zmniejszyć wpływ swojej działalności na środowisko, istnieją dwie podstawowe opcje: wykorzystanie systemów energii odnawialnej lub zmniejszenie zużycia energii poprzez ograniczenie jej strat. Szczególnie w obiektach użyteczności publicznej takich jak, np. baseny, czy zakładach przemysłowych (zakłady przetwórstwa spożywczego, cukiernie, zakłady lakiernicze) znaczna ilość produkowanego ciepła, wykorzystywana w procesach technologicznych, jest marnowana w postaci gorących spalin, wywiewanego powietrza, czy ścieków o podwyższonej temperaturze. Niewykorzystywana energia w literaturze charakteryzowana jest jako ciepło odpadowe. Ciepło odpadowe to ciepło, które jest wytwarzane w procesie spalania paliwa lub reakcji chemicznej, a następnie „wyrzucane" do środowiska, pomimo możliwości jego ponownego wykorzystania, np. na cele grzewcze. Szacuje się, że po obniżeniu temperatury 1 m^3 ścieków o 1°C na godzinę można uzyskać nawet 1,16 kW ciepła [Górski, Matuszewska, 2013]. Wytwarzanie ciepła odpadowego jest termodynamicznie nieuniknione w każdej konwersji energii. W przeciwieństwie do odpadów materiałowych, które są wyraźnie widoczne, ciepło odpadowe może być trudne do zidentyfikowania i oceny zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym. W związku z tym, będąc w stanie zrozumieć dostępność i potencjał ciepła odpadowego, a także zdolność do jego odzyskiwania, istnieje możliwość zmniejszenia kosztów energii w przemyśle i związanego z tym wpływu na środowisko. Strategia odzyskiwania tego ciepła zależy częściowo od temperatury gazów odpadowych, temperatury i objętości ścieków i związanych z tym aspektów ekonomicznych. Należy również uwzględnić, że wychwycone i ponownie wykorzystane ciepło odpadowe jest źródłem bezemisyjnym oraz substytutem dla kosztownych paliw, czy energii elektrycznej.

9.1 Zagospodarowanie ciepła odpadowego na przykładzie basenu publicznego

Jednym z typów obiektów, w których istnieje duży potencjał i możliwości wykorzystania ciepła odpadowego są kompleksy basenowe. W opisanym poniżej przykładzie w skład obiektu krytej pływalni wchodzą: budynek basenów wewnętrznych z zapleczem szatniowym, biurowym i gastronomicznym. Powierzchnia obiektu, bez części zewnętrznej wynosi 1750 m^2. Wewnątrz hali pływackiej znajdują się dwa baseny: pływacki o wymiarach 25 x 18 m i głębokości 1,8 m oraz basen rekreacyjny o wymiarach 18 x 10 m i głębokości 1,05 m, na obszarze którego znajdują się strefa do masażu dennego i leżanka z masażem powietrznym.

W celu zredukowania strat ciepła absolutnie konieczne jest zastosowanie komponentów odzyskujących ciepło z powietrza wywiewanego. W instalacjach konwencjonalnych usuwanie wilgotnego powietrza z hali basenu odbywa się poprzez doprowadzanie ogrzanego powietrza zewnętrznego i odciąganie powietrza wilgotnego, co przekłada się na duże straty ciepła. Zapobiec takiej sytuacji może zastosowanie wymienników ciepła i/lub pomp ciepła odzyskujących znaczną część energii z wywiewanego powietrza.

Przy zastosowaniu pompy ciepła, entalpia powietrza wywiewanego zostanie odzyskana przy pracy z recyrkulacją, poprzez zainstalowanie parownika urządzenia chłodniczego na drodze powietrza wywiewanego. Powietrze wywiewane zostanie przy tym ochłodzone i jednocześnie osuszone. Skraplacz oddaje pobrane ciepło (z ochłodzonego powietrza,

zarówno jawne, jak i utajone), powiększone o równoważnik cieplny pracy sprężarki, do powietrza nawiewnego, najczęściej w wymienniku krzyżowym. W efekcie powietrze doprowadzane ogrzewa się. W celu maksymalnego zredukowania mocy elektrycznej przyłączeniowej, zaleca się zintegrowanie pompy ciepła z centralą basenową. W centrali basenowej z pompą ciepła, pompa spełnia zarówno rolę osuszacza, jak i dedykowanej chłodnicy/nagrzewnicy. Takie rozwiązanie zapewnia lepszy odzysk ciepła i minimalizuje niezbędny pobór powietrza z zewnątrz. Pompa ciepła ogrzewa powietrze w zimie i może też osuszać je w nocy, jeżeli istnieje taka potrzeba.

Osuszanie powietrza odbywa się zarówno latem, jak i w okresie zimowym. Zbędne ciepło ze skraplacza, powstające przy wzroście temperatury zewnętrznej, może być wykorzystane do podgrzewania wody w basenie. W celu wymiany powietrza w hali basenu, podgrzane powietrze zewnętrzne musi być doprowadzane w sposób ciągły. Przykładowe zestawienie strumieni powietrza przedstawiono w tabeli 9.1.

Tabela 9.1 Spodziewane strumienie powietrza wentylacyjnego w pomieszczeniach

Zespół wentylacyjny	**Strumień powietrza nawiewanego Vn**	**Strumień powietrza wywiewanego Vw**
NW1 – Hala Basen	22 500 m^3/h	25 000 m^3/h
NW2 – pomieszczenia ogólnodostępne, biurowe i socjalne	1600 m^3/h	1500 m^3/h
NW3 – Podbasenie i pomieszczenia techniczne	8000 m^3/h	7200 m^3/h
NW4 – Szatnie i zaplecze sanitarne	3600 m^3/h	4600 m^3/h

W celu ograniczenia ilości energii potrzebnej do podgrzania świeżej wody basenowej proponuje się zastosowanie dedykowanego systemu odzysku ciepła z wody, pochodzącej z pryszniców i zużytej wody basenowej. Główną ideą jest zastosowanie zbiornika przelewowego o dużej pojemności, do którego trafiać będzie zużyta, przefiltrowana woda o wysokiej temperaturze (ok. 30˚C), który będzie pełnił rolę dolnego źródła dla pompy ciepła typu solanka – woda, umieszczonej w części podbasenia obiektu. Dzięki temu rozwiązaniu, możliwe będzie odzyskanie znacznej ilości ciepła, które w standardowych warunkach byłoby niewykorzystywane. Nadmiar wody ze zbiornika, odprowadzany będzie kanałem przelewowym do kanalizacji. Obliczono, że w ciągu doby, przy założeniu 220 użytkowników basenu na dzień, do kanalizacji odprowadzane jest ok. 21 m^3 wody o temperaturze > 26˚C:

$$Q_d = Q_b + Q_n + Q_f = 6m^3 + 6m^3 + 9m^3 = 21\ m^3/d$$

gdzie:
Q_d – nadmiar wody ze zbiornika odprowadzany do kanalizacji [m^3/d],
Q_b – objętość wymiany świeżej wody w basenach (przyjęto Q_b = 30 dm^3/osobę) [dm^3/osobę],
Q_n – objętość popłuczyn z natrysków (przyjęto Q_n = 30 dm^3/osobę) [dm^3/osobę],

Q_f – objętość wody wykorzystywanej do płukania filtrów (przyjęto Q_f = 9 m^3) [m^3].

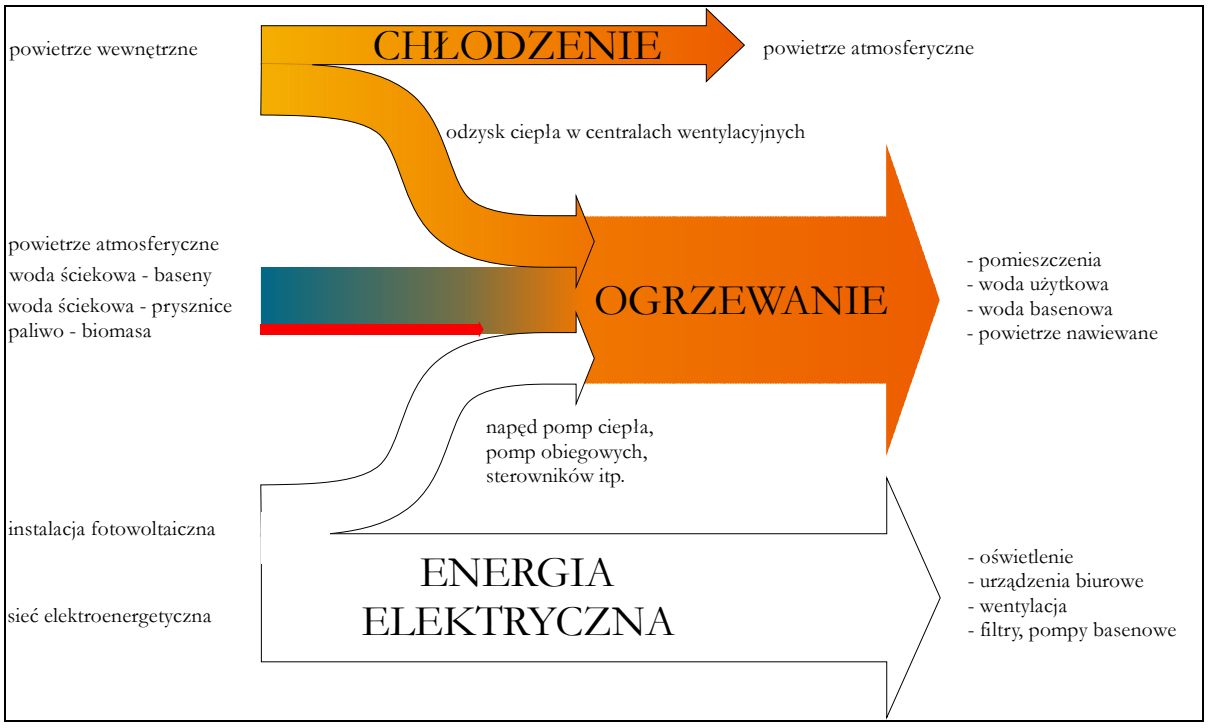
Przy założeniu, że tą wodę ochłodzimy do temperatury 6°C, można z niej odzyskać około 480 kWh ciepła na dobę.

Celem wykorzystania ciepła zużytej wody basenowej, wody prysznicowej i popłuczyn, na cele podgrzewania świeżej wody służącej do uzupełniania strat w basenach, musi ona zostać poddana wcześniejszej filtracji. Filtrowanie wstępne powinno odbywać się przy użyciu łapaczy włókien, służących do wyłapywania największych zanieczyszczeń takich jak włosy i włókna, trafiających do zbiornika przelewowego. Łapacze należy zamontować przed każdą pompką obiegową na tym systemie, celem zabezpieczenia ich przed uszkodzeniem. W czasie eksploatacji należy na bieżąco kontrolować łapacz i usuwać nagromadzone zanieczyszczenia. Następnie woda musi zostać poddana procesowi koagulacji. Koagulant powoduje powstanie w wodzie kłaczkowatych osadów, które wchłaniają najdrobniejsze zanieczyszczenia i są następnie usuwane na odpowiednich filtrach.

Zbiornik wody szarej przyjmuje wodę dopływającą spod natrysków, jak i wodę usuwaną z basenów.

Ciepło odpadowe pozyskiwane z centrali wentylacyjnej, a w miarę możliwości – również ze zrzucanej do kanalizacji wody basenowej i wody spod pryszniców - powinno w pierwszej kolejności być wykorzystane do przygotowania czynników o wyższej wymaganej temperaturze – ciepłej wody użytkowej oraz wody grzewczej w obiegach grzejnikowych. W dalszej kolejności ciepło odpadowe powinno być kierowane do buforów i zasobników ciepłej wody użytkowej, a wobec osiągnięcia maksymalnych temperatur – do powietrza zewnętrznego.

Schemat przepływu energii dla systemu energetycznego basenu przedstawiono na rysunku 9.1.



Rysunek 9.1 Schemat przepływu energii w systemie energetycznym budynku basenu

W okresie chłodnym (październik-marzec), odzysk ciepła będzie w stanie pokryć dokładnie 50% zapotrzebowania na ciepło (tabela 9.2), a w okresie ciepłym (kwiecień-wrzesień) ciepło odpadowe będzie w stanie pokryć 88% zapotrzebowania na ciepło dla funkcjonowania basenu (tabela 9.3). W skali roku, 63% ciepła do systemu energetycznego będzie pochodzić z ciepła odpadowego.

Tabela 9.2 Zapotrzebowanie mocy grzewczych i zużycie energii na poszczególne procesy oraz potencjalne do pozyskania ciepło odpadowe w sezonie grzewczym

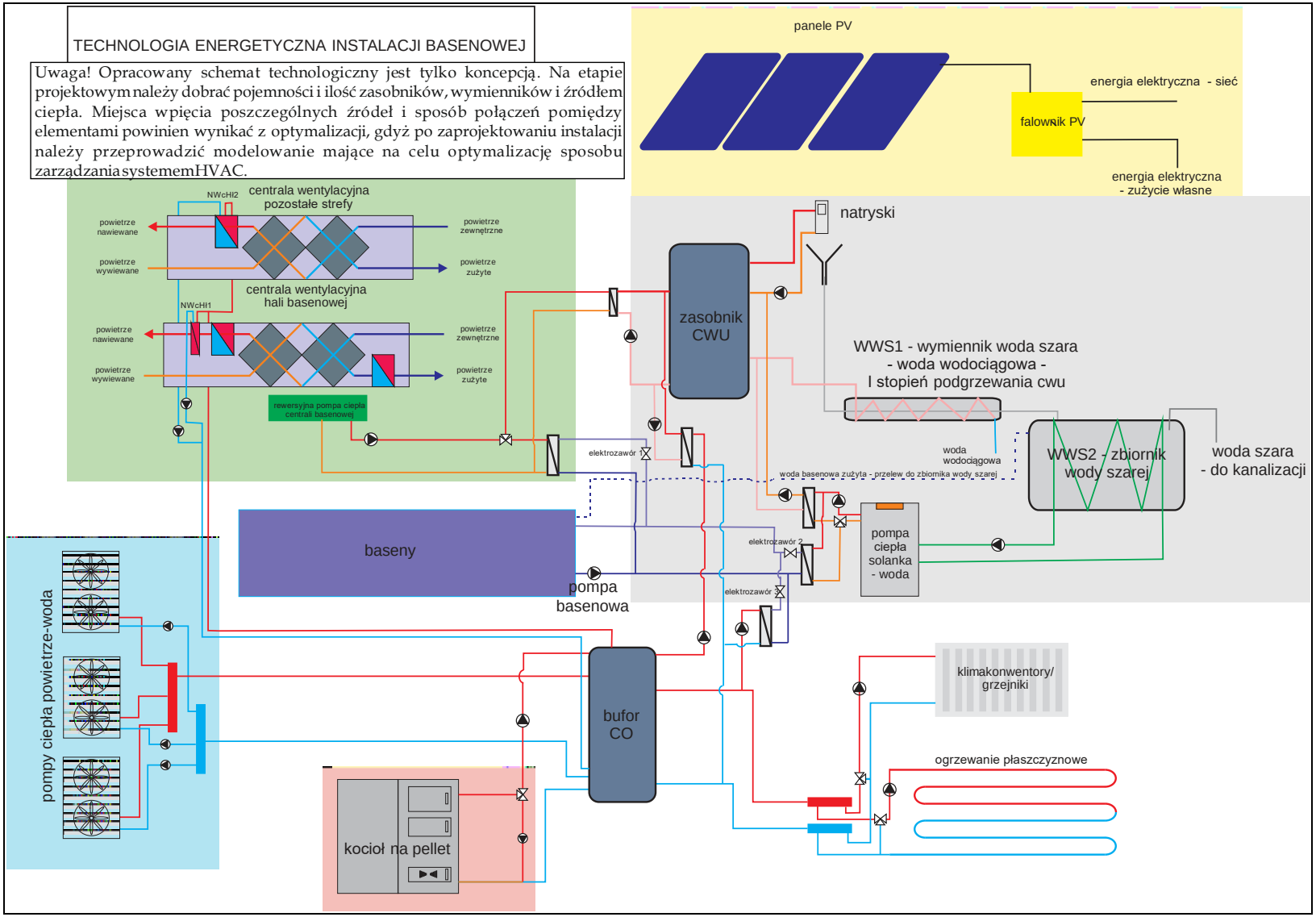
Straty ciepła	Moc [kW]	Energia (październik-marzec) [kWh]	Zyski ciepła	Moc [kW]	Energia (październik-marzec) [kWh]
Zapotrzebowanie na moc grzewczą na pokrycie strat na przenikanie ciepła	44,5	419 179	-	0	0
Zapotrzebowanie na moc grzewczą na cele wentylacyjne	96,1		Odzysk ciepła z powietrza wentylacyjnego	86,5	379 010
Zapotrzebowanie na moc grzewczą – podgrzanie świeżej wody do basenu	11,7	51 050,8	Odzysk ciepła z wody zużytej z basenu	11,7	51 050,8
Zapotrzebowanie na moc grzewczą – pokrycie strat ciepła przez parowanie wody	51,5	225 770,8	-		
Zapotrzebowanie na moc grzewczą na cele ciepłej wody użytkowej	11	22 303	Odzysk ciepła ze zużytej ciepłej wody użytkowej	11	22 303
Suma	215	912 408,3		109	452 364

Tabela 9.3 Zapotrzebowanie mocy grzewczych i zużycie energii na poszczególne procesy oraz potencjalne do pozyskania ciepło odpadowe poza sezonem grzewczym

Straty ciepła	Moc [kW]	Energia (kwiecień-wrzesień) [kWh]	Zyski ciepła	Moc [kW]	Energia (kwiecień-wrzesień) [kWh]
Zapotrzebowanie na moc grzewczą na pokrycie start na przenikanie ciepła	9,8	42 961,8	-		
Zapotrzebowanie na moc grzewczą na cele wentylacyjne	38,2	167 206,9	Odzysk ciepła z powietrza wentylacyjnego	86,5	379 010

Zapotrzebowanie na moc grzewczą – podgrzanie świeżej wody do basenu	11,7	51 050,8	Odzysk ciepła z wody zużytej z basenu	11,7	51 050,8
Zapotrzebowanie na moc grzewczą – pokrycie strat ciepła przez parowanie wody	51,5	225 770,8	-		
Zapotrzebowanie na moc grzewczą na cele ciepłej wody użytkowej	11	22 303	Odzysk ciepła ze zużytej ciepłej wody użytkowej	11	22 303
Suma	122,2	509 293,3		109,2	452 363,8

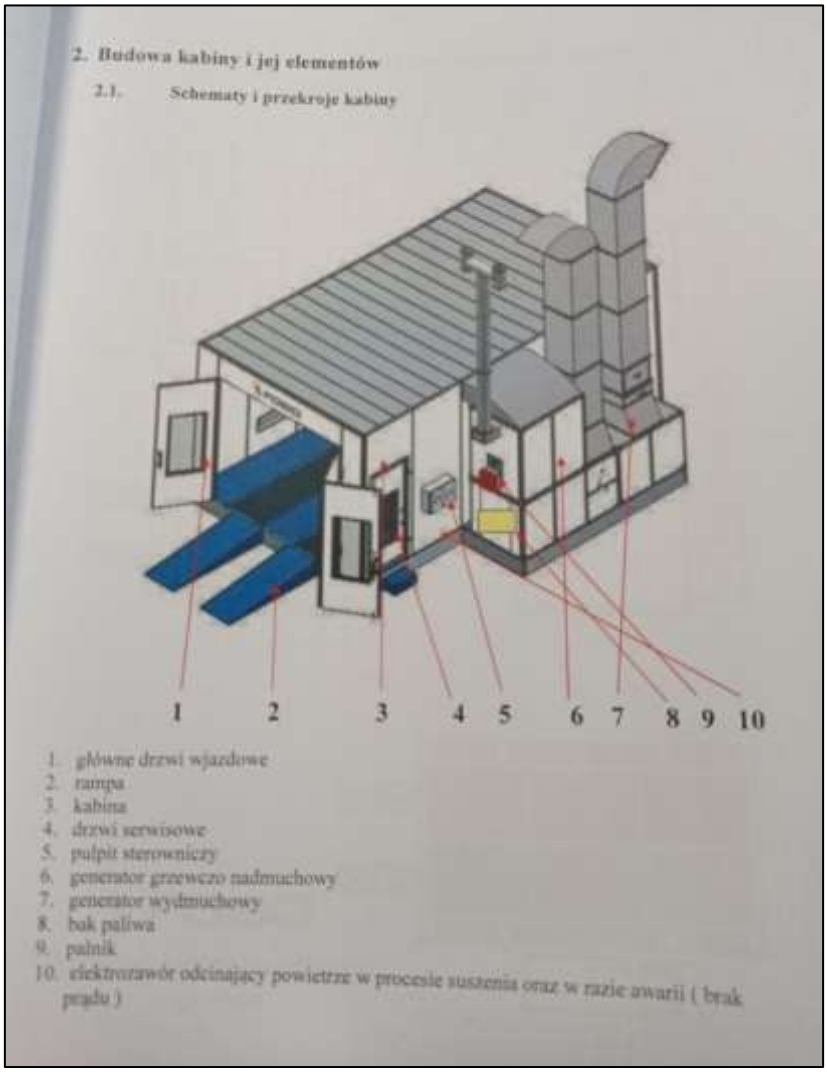
Poglądowy schemat technologiczny dla wyżej omówionej instalacji energetycznej dla basenu miejskiego przedstawiono na rysunku 9.2.



Rysunek 9.2 Przykładowy schemat instalacji basenowej z odzyskiem ciepła z wywiewanego powietrza i zużytej wody

9.2 Potencjał wykorzystania ciepła odpadowego z komory lakierniczej

Znaczne ilości ciepła są możliwe do pozyskania z procesów obróbczych w zakładach przemysłowych. Takim przykładem może być zagospodarowanie ciepła odpadowego powstałego w wyniku przygotowania powietrza do komór lakierniczych (rysunek 9.3) w zakładzie stolarki drzewnej. Komora lakiernicza podgrzewana jest przy użyciu palnika olejowego o mocy maksymalnej 213 kW. Zużycie oleju opałowego wynosi od 10-15 kg/h. W analizowanym obiekcie zużycie paliwa w okresie jesiennozimowym (listopad-maj) wynosiło 5 000 dm^3 dla dwóch identycznych kabin lakierniczych.



Rysunek 9.3 Budowa kabiny lakierniczej

Tabela 9.4 Zestawienie wartości zmierzonych dla gazów odlotowych z układu ogrzewania powietrza w komorze lakierniczej

Wartość	Jednostka	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3
Średnia prędkość	[m/s]	7,2	8,0	8,0
Temperatura maksymalna zmierzona	[°C]	370	365	372
Strumień objętości gazów	[m^3_{rz}/h]	814	904	904
Strumień objętości gazów - średnia	**[m^3_{rz}/h]**		**874**	

Ilość dostępnych gazów odlotowych dla obu źródeł (łącznie) wynosi w przybliżeniu dwukrotność zmierzonego strumienia w trakcie pomiarów z dnia 11.06.2021 r. i wynosi 1748±262 m^3_{rz}.

Szacowany czas dostępności gazów odlotowych wynikający z zapotrzebowania źródeł na paliwo (10-15 dm^3/h) oraz zużytych mediów (w przybliżeniu 5 000 dm^3 oleju opałowego) wynosi około 166-250 h/jedną komorę ciągłej pracy układu (za okres 11.2020-05.2021).

Wartość opałowa oleju opałowego wynosi: 10,7 kWh/l, 12 kWh/kg.

Szacowana ilość ciepła możliwego do odzyskania z gazów odlotowych wynosi:

$$Q = \left(\omega \times \Delta t \times c_g\right) - Q_A \; [W]$$

gdzie:
Q – ilość otrzymanego ciepła [W],
ω – prędkość gazów odlotowych [m/s],
Δt – zakładana różnica temperatur gazu przed i za wymiennikiem [K],
c_g – ciepło właściwe gazów odlotowych (spalin) [kJ/m^3*K],
Q_A – zakładane straty układu (sprawność wymiennika, straty na radiację, ciepło niewykorzystane) [W].

- c_g = ciepło właściwe spalin 1,420 (dla gazów o temperaturze 370°C), ciepło właściwe spalin dla paliw ciekłych (p_o = 0,1 MPa, T = 273,15 K)
- t_A – zakładana temperatura spalin na wlocie wymiennika (t_A= 370°C) [°C],
- t_B – zakładana temperatura spalin na wylocie wymiennika (t_B= 150°C) [°C],
- $\Delta t = t_A - t_B$ = 220°C,
- 0,9 – sprawność układu (uwzględniająca, np. straty ciepła na liniach) [-].

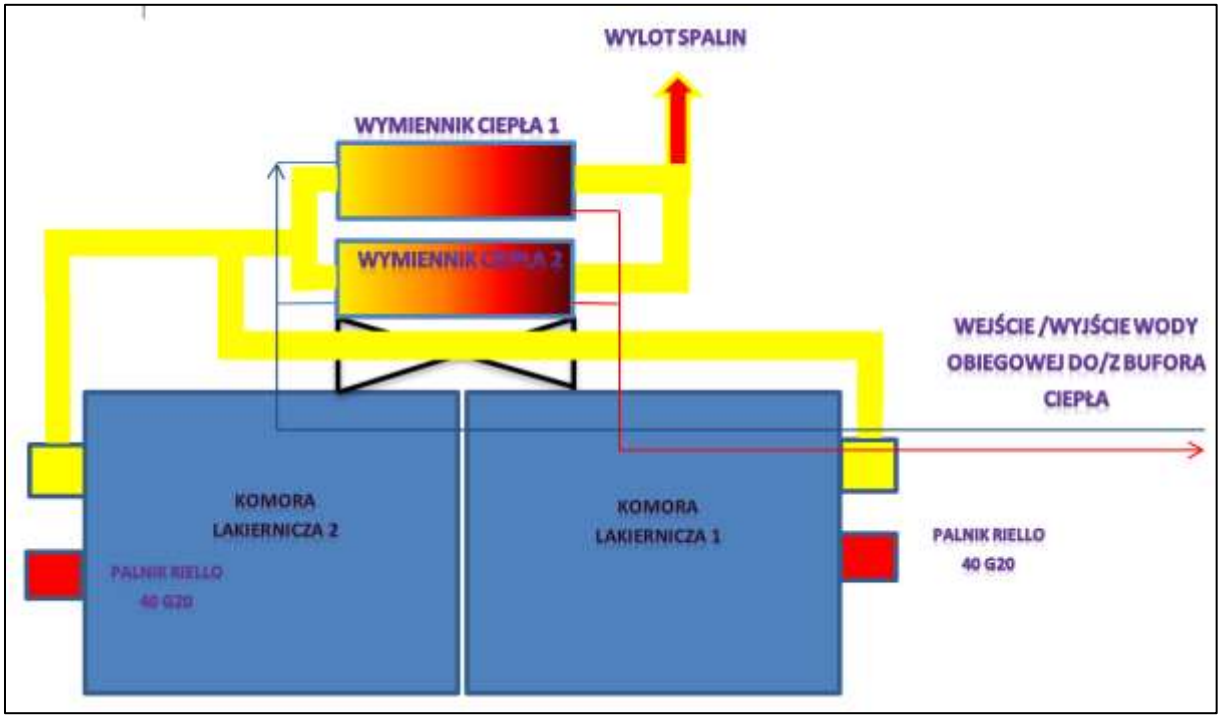
$$Q = 0{,}9 \times \left(\frac{874}{3600} \times 220 \times 1{,}420\right) = 68 \; [kW]$$

Oszacowano, że moc niesiona przez spaliny z jednej komory lakierniczej (a dokładniej z pieca ją obsługującego) wynosi 68 kW, co przy mocy nominalnej palnika 160 kW stanowi aż 42% całej energii dostarczanej w oleju opałowym.

Wiedząc, ze roczne zużycie oleju opałowego wynosi 5 000 l/rok, można stwierdzić, że energia odzyskana w proponowanej instalacji będzie stanowić około 22 470 kWh energii/rok, co odpowiada 2 100 litrom oleju opałowego.

Zastosowanie układu odzysku ciepła ze spalin na kanałach spalinowych z palników olejowych (schemat na rysunku 9.4) musi spełniać następujące wymagania:

- W związku z sezonowością stosowania układu dogrzewania powietrza wentylacyjnego w komorach lakierniczych, proponuje się wykorzystanie tego ciepła na cele grzewcze obiektów.
- System powinien automatycznie załączać instalację odzysku ciepła w przypadku zapotrzebowania na ciepło (okres grzewczy) – wskazywanego po różnicy pomiędzy temperaturą zadaną w buforze ciepła, a temperaturą rzeczywistą w nim panującą. W ten sposób, dostępne ciepło odpadowe zablokuje pracę pomp ciepła, a gdy zabraknie ciepła odpadowego, pompy ciepła ponownie wrócą do pracy.
- W przypadku dogrzania bufora ciepła do zadanej temperatury (np. 80°C – gdy nie ma rozbioru ciepła z instalacji grzewczej), układ odzysku ciepła powinien zostać ominięty, aby nie doprowadzić do wrzenia wody w układzie grzewczym.
- W przypadku braku przepływu wody grzewczej na obiegu wymiennika ciepła układ powinien automatycznie ominąć system wymiennika ciepła (spaliny płyną by-passem, a nie przez wymiennik ciepła).
- Układ odzysku ciepła w stanie beznapięciowym (np. wyłączone zasilanie, wybity bezpiecznik, itp.) powinien być ominięty, aby nie doprowadzić do wrzenia wody w wymienniku ciepła.
- Instalacja grzewcza tuż za wymiennikiem odzysku ciepła powinna być wyposażona w zawór bezpieczeństwa, dodatkowo należy przewidzieć naczynie wzbiorcze o pojemności dostosowanej do pojemności wodnej całej instalacji grzewczej oraz zakresu temperatur jej pracy.



Rysunek 9.4 Schemat ideowy technologii – przekrój

9.3 Potencjał wykorzystania ciepła odpadowego w pracowni cukierniczej

W analizowanym obiekcie pracowni cukierniczej za przygotowanie ciepła do procesów technologicznych odpowiadają:

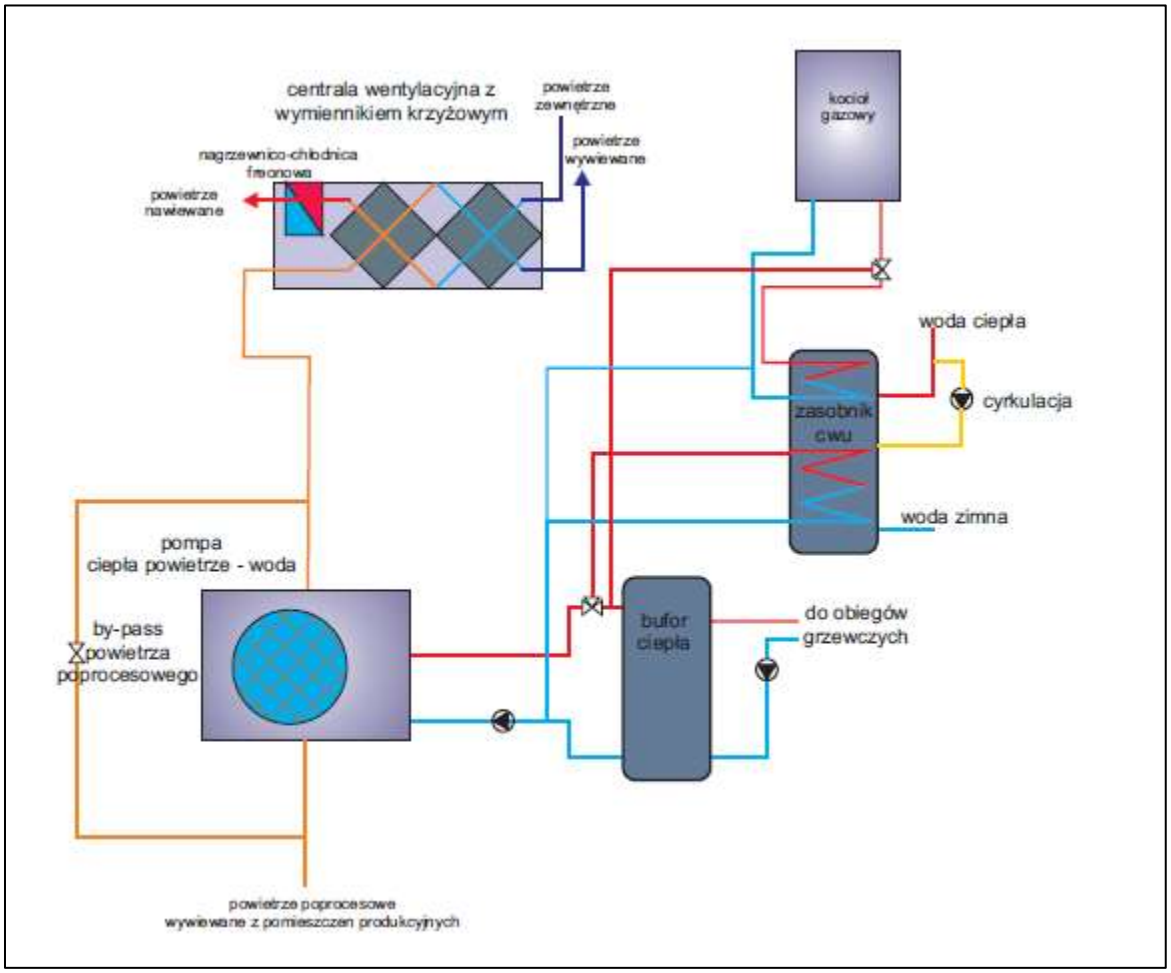
- elektryczny piec piekarniczy (emitujący ciepło do otoczenia – pomieszczenia pracowni cukierniczej w czasie swojej pracy oraz emitujący w krótkich okresach czasu dodatkową porcję ciepła z chłodzenia wypieków),
- gazowy piec piekarniczy (emitujący ciepło do otoczenia – pomieszczenia pracowni cukierniczej w czasie swojej pracy oraz emitujący w krótkich okresach czasu dodatkową porcję ciepła z chłodzenia wypieków),
- stanowisko chłodzenia wypieków,
- ciepło od innych maszyn wykorzystywanych w produkcji cukierniczej.

Znaczna część wytworzonego ciepła jest wywiewana na zewnątrz za pomocą centrali wentylacyjnej. Zaproponowano odzysk ciepła na cele ciepłej wody użytkowej lub centralnego ogrzewania. Powietrze wywiewane będzie schładzane o 4 K w wymienniku krzyżowym, a następnie za pomocą bypassu, ogrzane powietrze poprocesowe będzie dostarczane do parownika pompy ciepła typu powietrze – woda.

Centrala wentylacyjna pracuje na swojej nominalnej wydajności przez czas, w którym odbywa się produkcja cukiernicza w zakładzie. Nominalna wydajność centrali wentylacyjnej wynosi około 3 000 m^3/h. W czasie produkcji cukierniczej występuje główne zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową.

W założeniach projektowych przyjęto, że jeżeli występuje potrzeba podgrzewania c.w.u. lub dostarczania ciepła do budynku, to powietrze wywiewane z pomieszczeń produkcyjnych jest ochładzane w parowniku pompy ciepła i następnie dodatkowo przechodzi przez rekuperator w centrali wentylacyjnej (rysunek 9.5).

Takie rozwiązanie pozwoli na oszczędność zużycia energii na poziomie min. 17%.



Rysunek 9.5 Schemat technologiczny instalacji odzysku ciepła

9.4 Przykłady wykorzystania ciepła odpadowego w przemyśle mleczarskim

Oprócz rozpatrywanych powyżej obiektów, w sektorze przemysłu istnieje o wiele więcej procesów technologicznych, w wyniku których generowane są znaczące ilości ciepła odpadowego. Inną gałęzią przemysłu, wymagającą dużych nakładów energetycznych jest produkcja rolnicza. Jako jeden z przykładów można wykorzystać proces schładzania świeżo udojonego mleka. Temperatura świeżo udojonego mleka oscyluje w granicach 34-35°C. W celu ograniczenia rozwoju bakterii, niezwykle istotnym jest schłodzenie mleka do temperatury rzędu 4°C. Najczęściej odebrane w ten sposób ciepło jest emitowane do otoczenia (Myczko, Szulc 2010). Jak wynika z obliczeń, jednostkowa ilość ciepła możliwa do uzyskania w wyniku schładzania 1 dm^3 mleka wynosi 0,037 kWh (Olkowski, 2013). Jednym ze sposobów odzyskiwania ciepła jest zastosowanie specjalnego wymiennika, w którym czynnik chłodniczy o wysokiej temperaturze (w tym przypadku mleko) oddaje ciepło do krążącej w nim zimnej wody. Opracowanie tego typu efektywnych metod odzyskiwania ciepła odpadowego do podgrzewania wody może korzystnie wpłynąć na zmniejszenie kosztów energii ponoszonych na oddzielne podgrzewanie wody używanej do czyszczenia urządzeń mleczarskich (Sapali, Pise, Ghewade, 2014). Takie rozwiązanie pozwala na ograniczenie nakłądów energii neizbędnych do schłodzenia mleka nawet do 60%. W przypadku wykorzystania ziębiarek do mleka istnieje również możliwość odzysku ciepła z procesu chłodzenia, za pomocą pompy ciepła, wykorzystującej mleko jako dolne źródło ciepła. Jak wynika z analiz, ze schłodzenia 1 dm^3 mleka od temperatury 37°C do temperatury 4°C, można

uzyskać moc chłodniczą urządzenia pozwalającą na podgrzanie nawet 0,7 dm^3 wody do temperatury 45°C (Myczko, Szulc 2010).

9.5 Podsumowanie

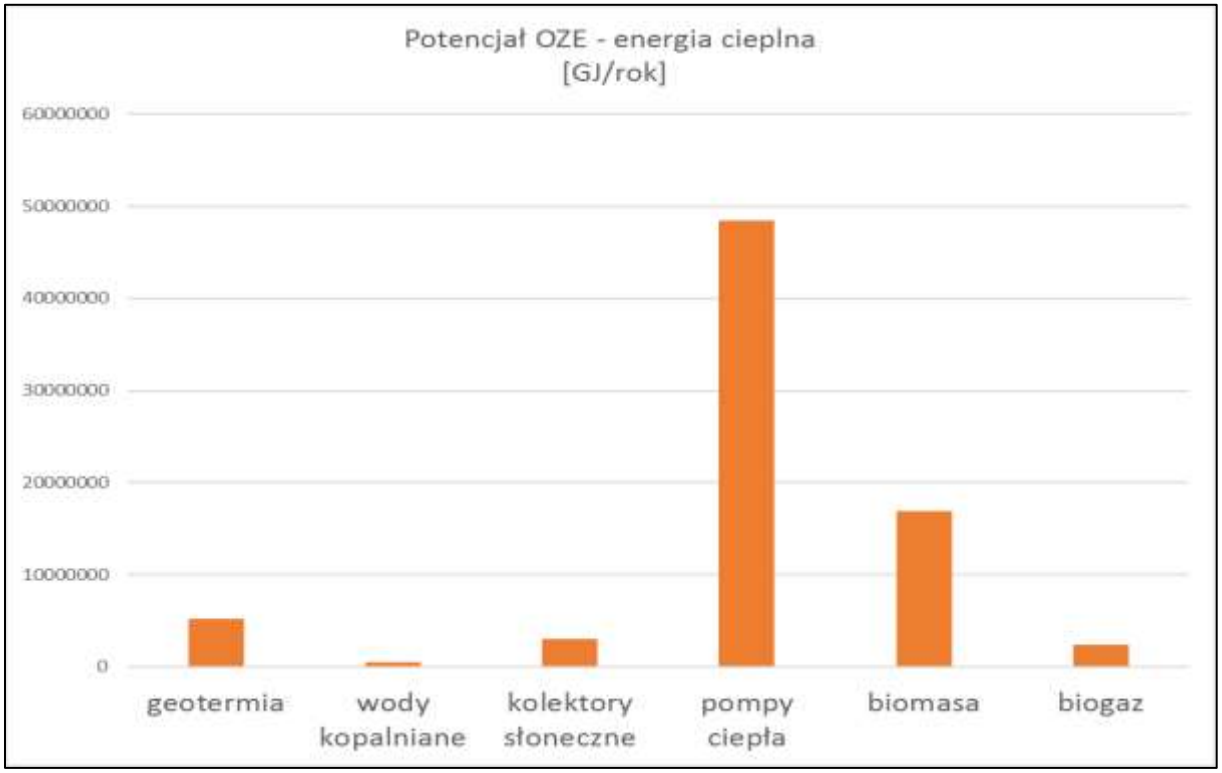
Przeprowadzone analizy wskazują na zasadność użytkowania ciepła odpadowego. Zarówno w procesach technologicznych jak i w obiektach użyteczności publicznej, znaczna część energii poprocesowej jest marnowana, a jej ilość pozwala na uzasadnione ekonomiczne i ekologiczne wykorzystanie we wspieraniu systemu centralnego ogrzewania i/lub przygotowania c.w.u. Efektywność energetyczna jest często przyćmiona przez efektywność ekonomiczną, szczególnie jeśli chodzi o podejmowanie decyzji w środowiskach przemysłowych. Prawdą jest, że nie wszystkie rozwiązania w zakresie efektywności energetycznej są korzystne ekonomicznie (np. mogą wymagać znacznych inwestycji), ale istnieje szeroki zakres możliwości usprawnień w zakresie poprawy efektywności energetycznej, które można wprowadzić w całym zakładzie produkcyjnym, z których niektóre z pewnością powinny prowadzić do kosztów oszczędności w akceptowalnych odstępach czasu.

W określonych przypadkach, odzysk i wykorzystanie ciepła odpadowego może okazać się potencjalnie bardziej opłacalne ekonomicznie niż modernizacja instalacji w oparciu o odnawialne źródła energii lub inne mechanizmy zmniejszających ogólne zużycie energii w całym zakładzie. Ze względu na często niewielki stopień zaawansowania technologicznego potencjalnych rozwiązań instalacji odzysku ciepła odpadowego, podejście to jest ogólnodostępne dla większości firm, a okres zwrotu z inwestycji może być stosunkowo krótki, rzędu kilku lat. Jednak identyfikacja najlepszych możliwości odzyskiwania energii w obiekcie nie jest prosta, a przedstawione w raporcie przykłady pokazują tylko część ze wszystkich, możliwych do zastosowania rozwiązań.

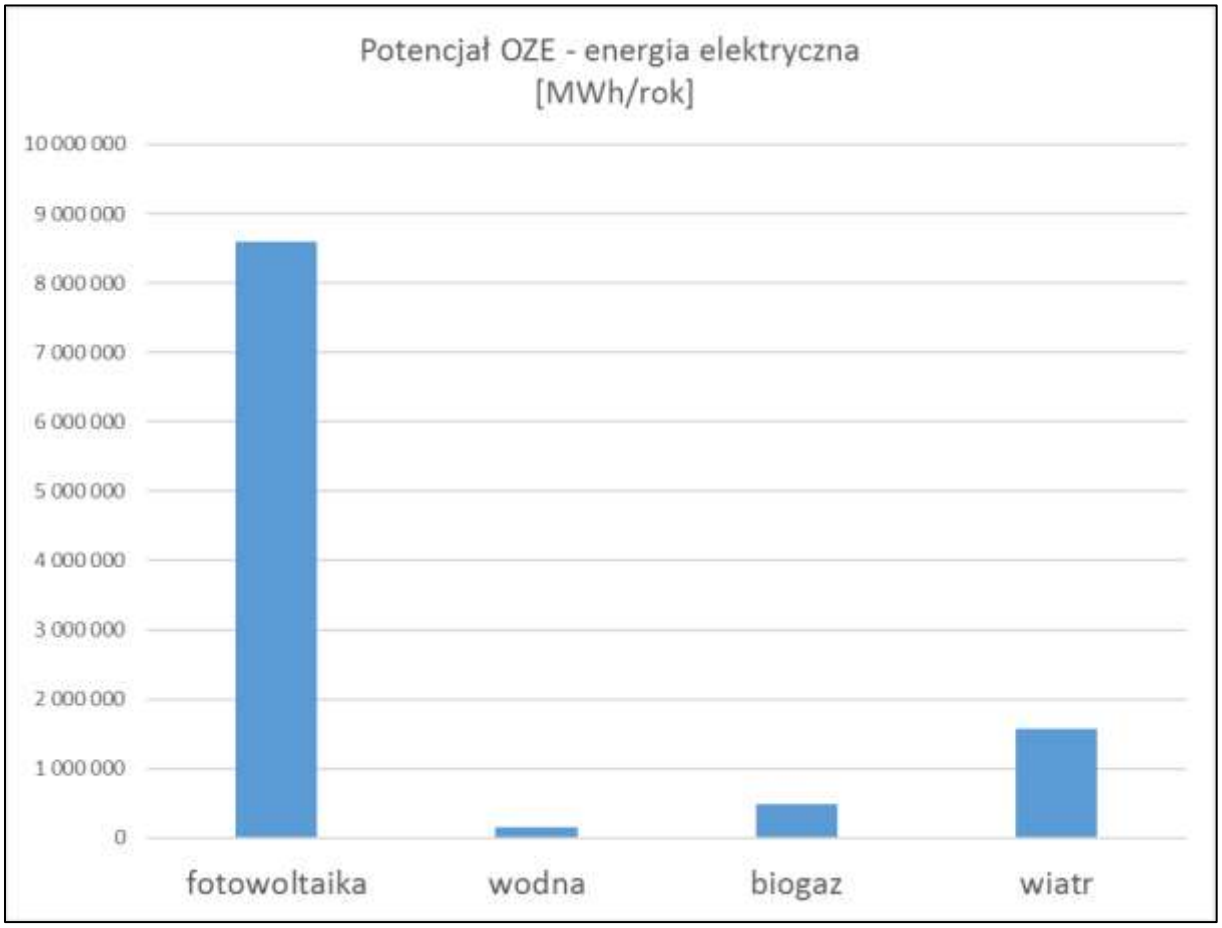
10. Podsumowanie

Niniejszy raport dotyczy oceny potencjału odnawialnych źródeł energii w województwie małopolskim. Oceniono potencjał dla energetyki wodnej, wiatrowej, słonecznej, biomasy, pomp ciepła i geotermii głębokiej, energetycznego wykorzystania wód kopalnianych oraz ciepła odpadowego. Pomimo, że wszystkie te źródła zaliczają się do odnawialnych źródeł energii i łączy ich wspólna cecha jaką jest odnawialność i niewyczerpalność zasobów naturalnych, charakter ich wykorzystania jest bardzo zróżnicowany. Przekłada się to na różnorodne metody oceny potencjału dla poszczególnych źródeł energii (opisane szczegółowo w niniejszym raporcie). Pomimo różnych metod szacowania potencjału, zdecydowano, że ostateczny wynik zostanie przedstawiony w formie szacunkowej ilości produkowanej energii w ciągu roku z danego źródła energii. Takie podejście pozwoliło na ilościową ocenę potencjału poszczególnych źródeł energii i ich wzajemne porównanie, co jest zadaniem bardzo trudnym i należy mieć na uwadze specyfikę wykorzystania poszczególnych rodzajów OZE a także przestrzenne zróżnicowanie uzyskanych wyników co znajdzie właściwe odzwierciedlenie w aplikacji OZE. Ze względu na różne sposoby wykorzystania źródeł odnawialnych końcowe zestawienia wykonano osobno dla produkcji energii elektrycznej, wskazując jako potencjalne źródło do wykorzystania energię wody, wiatru, słoneczną (fotowoltaika), biogazu, a osobno dla produkcji energii cieplnej, wskazując jako potencjalne źródło do wykorzystania energię geotermalną (głęboka geotermia), słoneczną (kolektory słoneczne), energię biomasy, energię zakumulowaną w gruncie, wodzie i powietrzu możliwą do wykorzystania za pomocą pomp ciepła, energię wód kopalnianych oraz ciepła odpadowego.

Uzyskane wyniki przedstawiono na rysunkach 10.1 i 10.2. Metodyka szacowania zasobów, jak również szczegółowe wyniki, z podziałem na poszczególne powiaty województwa małopolskiego zostały przedstawione w poszczególnych rozdziałach niniejszego raportu.



Rysunek 10.1 Potencjał odnawialnych źródeł energii do produkcji energii cieplnej w województwie małopolskim [GJ/rok] - zestawienie uzyskanych wyników

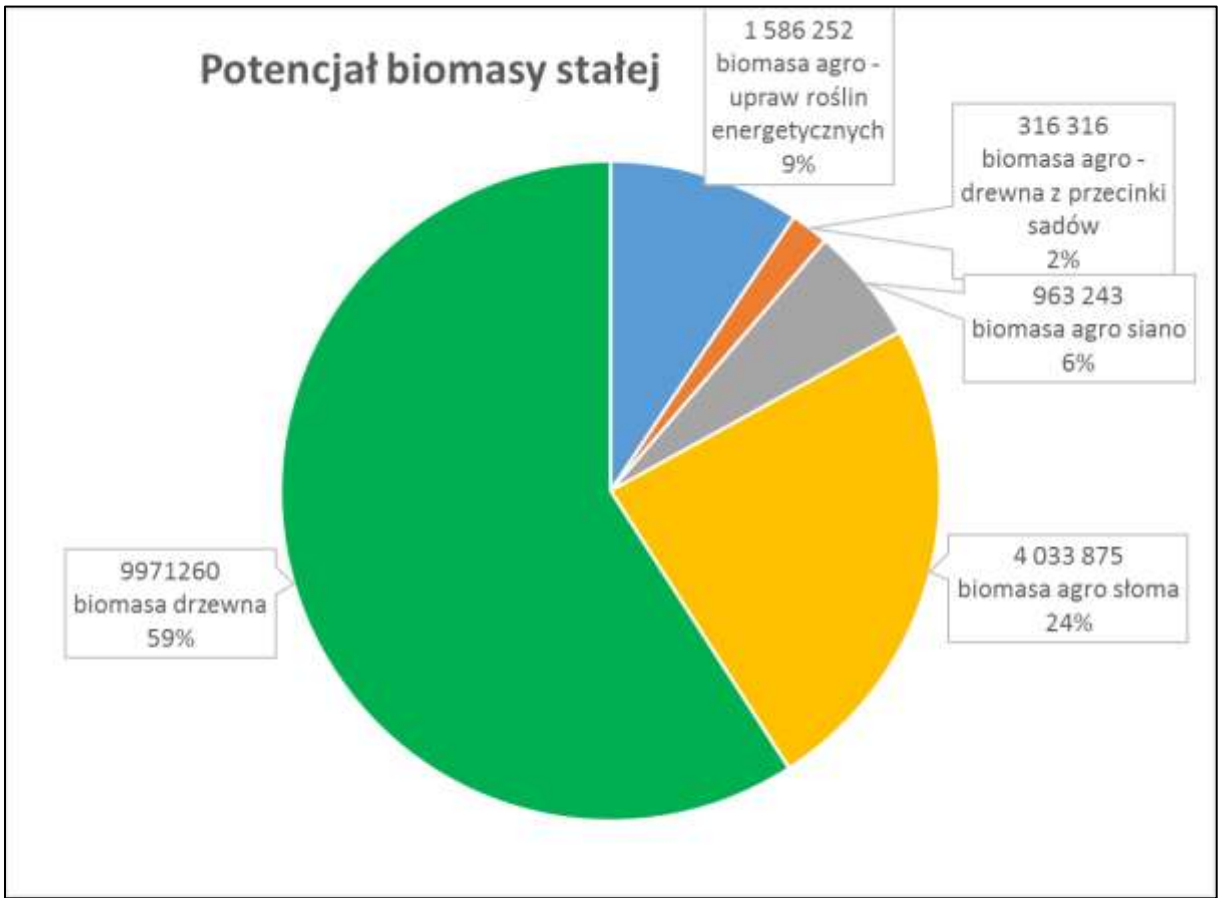


Rysunek 10.2 Potencjał odnawialnych źródeł energii do produkcji energii elektrycznej [MWh/rok] w województwie małopolskim - zestawienie uzyskanych wyników

Przedstawione wyniki wskazują, że największy potencjał dla wykorzystania odnawialnych źródeł energii w sektorze ciepłowniczym jest związany z wykorzystaniem **pomp ciepła** (48 416 000 GJ/rok), natomiast w sektorze elektroenergetycznym z **instalacjami fotowoltaicznymi** (8 588 311 MWh/rok).

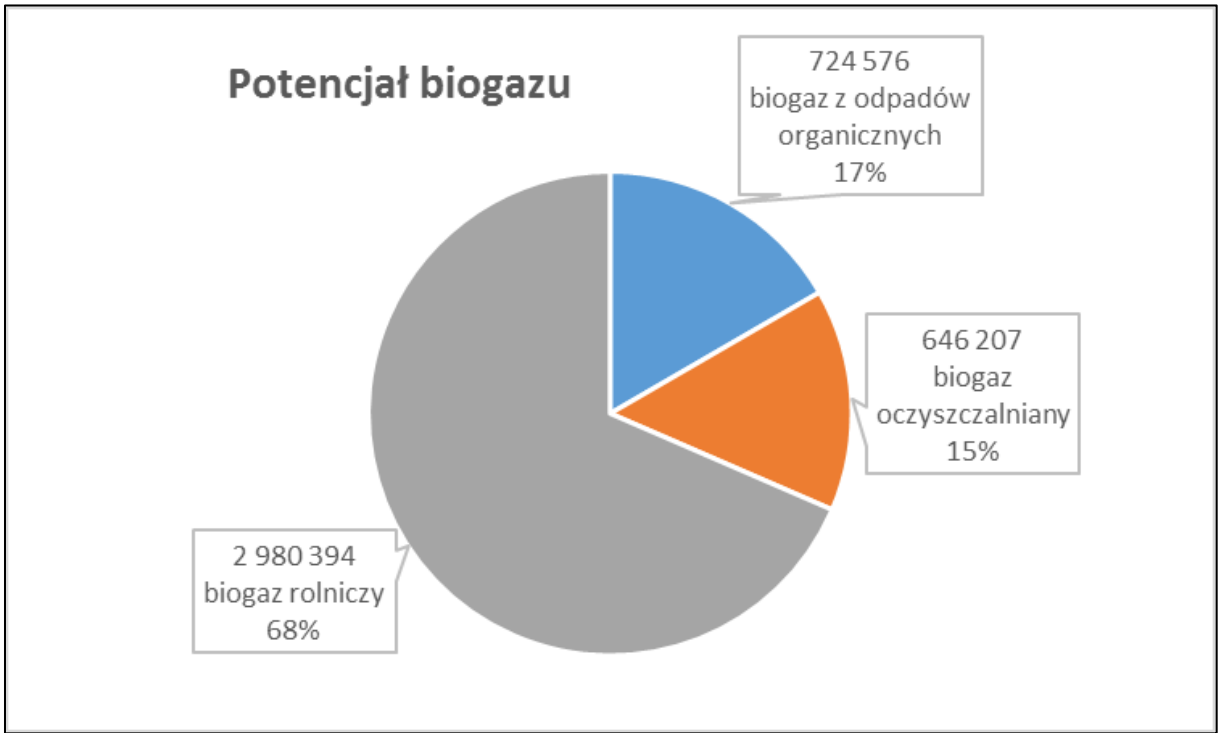
Należy podkreślić, że potencjał energetyczny wykorzystania **kolektorów słonecznych i pomp ciepła** został oszacowany przy założeniu, że ciepło dostarczane przez promienie słoneczne, jak również ciepło zmagazynowane w powietrzu, czy gruncie jest **nieograniczone i łatwo dostępne**. Do obliczeń wykorzystano budynki, które obecnie nie posiadają instalacji kolektorów słonecznych oraz pomp ciepła. Posłużyło to określeniu ilościowemu istniejących budynków bez wspomnianych instalacji. Zakładając, że typowy dom jednorodzinny zamieszkały jest przez 3 osoby, a na jego ogrzewanie należy dostarczyć 79 GJ oszacowano potencjał energetyczny wykorzystania kolektorów słonecznych i pomp ciepła. Dla pozostałych źródeł energii przy obliczaniu potencjału energetycznego kierowano się dostępnością poszczególnych źródeł dla analizowanych powiatów z uwzględnieniem technicznych i ekonomicznych aspektów ich użycia.

Zasoby **biomasy** zostały oszacowane w odniesieniu do biomasy stałej, do której zaliczamy biomasę drzewną oraz zasoby biomasy agro oraz biogazu. Zasoby biomasy agro to zasoby słomy z upraw zbóż (nadmiaru w stosunku do potrzeb gospodarczych), zasoby siana (nadmiaru w stosunku do potrzeb paszowych) i roślin zielnych uprawianych na plantacjach wieloletnich oraz drewno z przecinki sadów (rysunek 10.3).



Rysunek 10.3 Potencjał biomasy stałej (GJ/rok) w województwie małopolskim

Potencjał biogazu został oszacowany w odniesieniu do biogazu rolniczego, oczyszczalnianego oraz z odpadów organicznych (rysunek 10.4).



Rysunek 10.4 Potencjał biogazu (GJ/rok) w województwie małopolskim

Biorąc pod uwagę różne właściwości poszczególnych biopaliw wydzielono następujące grupy:

- drewno, odpady z sadów i wieloletnich upraw energetycznych z energetycznym potencjałem technicznym równym 11 881 TJ/rok,
- biomasa ze słomy i siana z energetycznym potencjałem technicznym równym 4 997 TJ/rok,
- biogaz (łącznie rolniczy, oczyszczalniany i z odpadów organicznych) z energetycznym potencjałem technicznym równym 4353 TJ/rok, co odpowiada 4 351 177 MWh/rok.

Biogaz jest najczęściej wykorzystywany w procesach kogeneracyjnych, stąd też przyjęto, że 40% biogazu zostanie wykorzystane do produkcji energii elektrycznej (1 740 470,8 MWh/rok), 55% do produkcji energii cieplnej (2 393 147,35 MWh/rok), 5% to straty.

Opracowanie danych dotyczących warunków geologicznych i geotermicznych występowania perspektywicznych zbiorników wód termalnych w obrębie poszczególnych powiatów pozwoliły na oszacowanie **potencjału geotermalnego** w granicach administracyjnych województwa małopolskiego. Wyniki przedstawiono w postaci tabelarycznej oraz graficznej - mapy potencjału geotermalnego powiatów małopolski. Największy potencjał geotermalny występuje w powiatach nowotarskim i tatrzańskim.

W celu oszacowania potencjału **energii wiatru** w województwie małopolskim ustalono ogólne strefy potencjalnej możliwości lokowania turbin wiatrowych eliminując obszary buforowe od zabudowań mieszkalnych oraz obszary występowania form ochrony przyrody. W celu dokładnego oszacowania potencjału dla mniejszych jednostek, np. gmin czy poszczególnych działek należy przeanalizować szczegółowo ograniczenia przestrzenne charakterystyczne dla tych jednostek, a które w tej analizie nie zostały uwzględnione ze względu na jej regionalny charakter. Zmiana prawa dotyczącego możliwości stawiania elektrowni wiatrowych w określonej odległości od zabudowy mieszkaniowej ma istotny wpływ na wysokość potencjału wiatrowego w województwie.

Energia wody związana jest z istniejącymi piętrzeniami na ciekach województwa małopolskiego. Łączna teoretyczna moc elektryczna wszystkich piętrzeń wynosi 100 MW. Zakładając, że technicznie możliwe jest wykorzystanie 25% mocy teoretycznej, wówczas dostępna technicznie moc elektryczna wyniesie 25 MW. W obliczeniach tych przyjęto, że z pełną mocą elektrownia będzie pracować 6 000 h/rok, co pozwala oszacować potencjał energii wody na 150 000 MWh/r.

Potencjał energetyczny wykorzystania **wód kopalnianych** został określony dla jedynego czynnego zakładem górniczego w województwie małopolskim - TAURON Wydobycie S.A. Zakład Górniczy Janina w Libiążu.

W raporcie zwrócono także uwagę na zasadność zagospodarowania **ciepła odpadowego**. Zarówno w procesach technologicznych jak i w obiektach użyteczności publicznej, znaczna część energii poprocesowej jest marnowana, a jej ilość pozwala na uzasadnione ekonomiczne i ekologiczne wykorzystanie we wspieraniu systemu centralnego ogrzewania i/lub przygotowania c.w.u. Ze względu na często niewielki stopień zaawansowania technologicznego potencjalnych rozwiązań instalacji odzysku ciepła odpadowego, podejście to jest ogólnodostępne dla większości firm, a okres zwrotu z inwestycji może być stosunkowo krótki, rzędu kilku lat. Jednak identyfikacja najlepszych możliwości odzyskiwania energii w obiekcie nie jest prosta, a przedstawione w raporcie przykłady pokazują tylko część ze wszystkich, możliwych do zastosowania rozwiązań. W raporcie przedstawiono przykład zagospodarowania ciepła odpadowego na przykładzie basenu publicznego, określono potencjał wykorzystania ciepła odpadowego z komory lakierniczej, ciepła odpadowego w pracowni cukierniczej oraz ciepła odpadowego w przemyśle mleczarskim. W przypadku zainteresowania wykorzystaniem ciepła odpadowego konieczne jest indywidualne podejście i szacowanie potencjału energetycznego odrębnie dla każdego przypadku.

Uwagi dotyczące Centralnej Ewidencji Emisyjności Budynków (CEEB):

Do analizy potencjału wykorzystania energii promieniowania słonecznego dla technologii kolektorów słonecznych i przygotowania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.) oraz pomp ciepła wykorzystane zostały dane zawarte w Centralne Ewidencji Emisyjności Budynków (CEEB). Na podstawie złożonych deklaracji oszacowana została ilość budynków, które nie posiadają jeszcze instalacji kolektorów słonecznych czy pomp ciepła. Na tym etapie napotkano szereg problemów, które mogą zostać wyeliminowane w kolejnych etapach aktualizacji bazy CEEB, co posłuży łatwiejszemu korzystaniu z zasobów tej bazy.

Problemy zidentyfikowane podczas pracy z bazą CEEB:

- wielokrotne składanie tych samych deklaracji (zdublowane deklaracje),
- brak przypisania adresu do konkretnej gminy i powiatu, co znacznie utrudnia korzystania z bazy CEEB,
- zgrupowane i niejednoznaczne nazewnictwo, powodujące, że niektóre pozycje nakładają się na siebie co utrudnia zdefiniowanie konkretnego rodzaju instalacji np. rekordy z pozycji kolektory słoneczne + inne źródła mogą pokrywać się z rekordami z pozycji kotły na biomasę + kolektory słoneczne i/lub pompy ciepła lub kotły gazowe + inne źródła, a w przypadku pomp ciepła: pompy ciepła + inne źródła i kotły na biomasę + kolektory słoneczne i/lub pompy ciepła; kotły gazowe + inne źródła.

Pomimo zidentyfikowanych problemów stwierdzono, że ich skala jest niewielka i nie wpływa ostatecznie na wynik szacowania zasobów, jednak zdaniem Autorów uwagi te mogą wpłynąć w przyszłości na udoskonalenie bazy CEEB.

Bibliografia

Barbacki A.P., 2002. Geotermalny basen górnej jury centralnej części zapadliska przedkarpackiego i południowio-wschodniej części niecki miechowskiej - budowa geologiczna i warunki hydrogeotermalne. Przegląd Geologiczny 9, 773-782.

Barbacki A.P., 2004. Zbiorniki wód geotermalnych niecki miechowskiej i środkowej części zapadliska przedkarpackiego. Studia, Rozprawy, Monografie 125. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.

Barbacki A.P., 2011. Zbiornik hydrogeotermalny w węglanowych utworach dewonu i karbonu [W:] Górecki W. (red.) Hajto i in. Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat zachodnich. KSE AGH.

Barbacki A.P., 2011a. Zbiornik hydrogeotermalny w utworach cenomanu [W:] Górecki W. (red.) Hajto i in. Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat zachodnich. KSE AGH.

Barbacki A.P., 2011b. Zbiornik hydrogeotermalny w utworach górnej jury [W:] Górecki W. (red.) Hajto i in. Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat zachodnich. KSE AGH.

Barbacki A.P., 2011c. Zbiornik hydrogeotermalny w utworach środkowej jury [W:] Górecki W. (red.) Hajto i in. Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat zachodnich. KSE AGH.

Barbacki A.P., 2011d. Zbiornik hydrogeotermalny w utworach dolnego triasu [W:] Górecki W. (red.) Hajto i in. Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat zachodnich. KSE AGH.

Barbacki A.P., 2011e. Zbiornik hydrogeotermalny w klastycznych utworach karbonu [W:] Górecki W. (red.) Hajto i in. Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat zachodnich. KSE AGH.

Barbacki A.P., 2011f. Zbiornik hydrogeotermalny w węglanowych utworach karbonu i dewonu [W:] Górecki W. (red.) Hajto i in. Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat zachodnich. KSE AGH.

Barbacki A.P., Bujakowski W., Graczyk S., Hołojuch G., Kępińska B., Pająk L., Pozimska S., Tomaszewska B., 2008. Program wykorzystania wód podziemnych, w szczególności termalnych i leczniczych, w wybranych obszarach województwa śląskiego. Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków.

Barbacki A.P., Bujakowski W., Pająk L., 2006. Atlas zbiorników wód geotermalnych Małopolski. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.

Barbacki A.P., Kazanowska A., 2001. Środkowojurajska formacja geotermalna centralnej części zapadliska przedkarpackiego i obszarów przyległych. Przegląd Geologiczny 10: 894-900.

Barbacki A.P., Uliasz-Misiak B., 2003. Geothermal energy of the Mesozoic Basin in the Carpathian Foredeep, Kraków, Poland. Applied Energy 74, 1-2, 65-73.

Baza Danych Obiektów Topograficznych – BDOT10k, www.dane.gov.pl[1] – https://dane.gov.pl/pl/dataset/2030,dane-obiektow-topograficznych-o-szczegolowosci-zap.

Bielec B., Operacz A. 2018. Najnowsze rozpoznanie parametrów eksploatacyjnych wód termalnych w ujęciu Chochołów PIG-1 w aspekcie efektu wygrzewania się otworu. Ecological Engineering Volume 19, Issue 6, p. 145–152 https://doi.org/10.12912/23920629/99550 (dostęp 27.12.2022).

Bujakowski W, A. Barbacki A.P., Hołojuch G., Kasztelewicz A., Pająk L., Tomaszewska B., Augustyńska J., 2011. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w wybranych miastach Karpat Zachodnich [W:] Górecki W. (red.), Hajto M., i in. Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat Zachodnich. AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

w Krakowie. Ministerstwo Środowiska, NFOŚiGW w Warszawie. Druk GOLDRUK (www.goldruk.com.pl). ISBN 13 978-83-88927-21-8, p. 772. https://kse.agh.edu.pl/uploaded/AGH-Atlas_Geotermalny_Karpat_Zachodnich-2011.pdf (dostęp 27.12.2022).

Bujakowski W., Barbacki A., 2000. System wykorzystania niskotemperaturowej wody geotermalnej dla celów ciepłowniczych i konsumpcyjnych w mieście Słomniki. Czasopismo Techniczne nr 58–63, KTT, s. 9–12.

Bujakowski W., Barbacki A., 2004. Potential for geothermal development in Southern Poland: Geothermics 33, pp. 383-395.

Bujakowski W., Barbacki A., Hołojuch G., Kasztelewicz A., Pająk L., Tomaszewska B., Augustyńska J., 2011. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w wybranych miastach Karpat Zachodnich. W: Górecki W. (red.), Hajto M., i in. Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat Zachodnich. AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Ministerstwo Środowiska, NFOŚiGW w Warszawie. Druk GOLDRUK (www.goldruk.com.pl). ISBN 13 978-83-88927-21-8, p. 772. https://kse.agh.edu.pl/uploaded/AGH-Atlas_Geotermalny_Karpat_Zachodnich-2011.pdf (dostęp 27.12.2022).

Bujakowski W., Barbacki A., Grzybek A., Hołojuch G., Pająk L., Skoczek A., Skrzypczak M., Skrzypczak S., 2005 - Opracowanie metody programowania i modelowania systemów wykorzystania odnawialnych źródeł energii na terenach nieprzemysłowych województwa śląskiego, wraz z programem wykonawczym dla wybranych obszarów województwa. Kraków-Katowice. Cz. I i II.

Bujakowski W., Barbacki A., Pająk L., 2005. Możliwość wykorzystania niskotemperaturowych wód w kąpieliskach termalnych w rejonie Krakowa. Polityka Energetyczna. Tom 8, Zeszyt 2. PL ISSN 1429-6675.

Bujakowski W., Barbacki A.P., 2000. System wykorzystania niskotemperaturowej wody geotermalnej dla celów ciepłowniczych i konsumpcyjnych w mieście Słomniki, Czasopismo Techniczne KTT, nr 58-63, 3-8, Kraków.

Buła Z., Habryn R., 2010. Budowa geologiczna prekambru i paleozoiku regionu krakowskiego. W: Jachowicz-Zdanowska M., Buła Z. (red.). Prekambr i paleozoik regionu krakowskiego. Konferencja naukowa, PIG–PIB, Kraków. 19.11.2010.

Centralna Ewidencja Emisyjności Budynków.

Chowaniec J., 2002. Strefowość zawodnienia w profilu pionowym fliszu podhalańskiego w świetle badań wodochłonności. Biul. Państw. Inst. Geol. Hydrogeologia 404, z. IV. 19-28, Warszawa.

Chowaniec J., 2002. Strefowość zawodnienia w profilu pionowym fliszu podhalańskiego w świetle badań wodochłonności. Biul. PIG 404, 19-28. Warszawa.

Chowaniec J., 2003. Ocena możliwości występowania wód termalnych w karpackiej części województwa małopolskiego. Arch. IGSMiE PAN, Kraków.

Chowaniec J., 2009. Studium hydrogeologii zachodniej części Karpat polskich. Biul. PIG 434, Hydrogeologia, VIII.

Chowaniec J., Długosz P., Drozdowski B., Nagy J., Witczak W., Witek K., 1997. Dokumentacja hydrogeologiczna wód geotermalnych niecki podhalańskiej. CAG. Warszawa.

Chowaniec J., Freiwald P., Operacz T., Porwisz B., Witek K., Zuber A., 2009. Występowanie, geneza, wiek i zagrożenia antropogeniczne wód leczniczych w województwie małopolskim. Gaz, Woda i Tech. San., 9.

Chowaniec J., Olszewska B., Poprawa D., Skulich J., Smagowicz M., 1992. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych – wody termalne. Otwór Chochołów PIG-1. Centralne Archiwum Geologiczne w Warszawie.

Chowaniec J., Poprawa D., Witek K., 2001. Występowanie wód geotermalnych w polskiej części Karpat. Przegląd Geologiczny 49, 8, s. 734–742.

Chowaniec J., Zuber A., Ciężkowski W., 2007. Prowincja karpacka. (w) Hydrogeologia regionalna Polski, t. II. Wody mineralne, lecznicze i termalne oraz kopalniane (red. B. Paczyński i A. Sadurski). PIG, Warszawa.

Dayczak-Calikowska K., Moryc W., 1988. Rozwój basenu sedymentacyjnego i paleotektonika jury środkowej na obszarze Polski. Kwartalnik Geologiczny 32, 117-135.

Dowgiałło J., Kleczkowski A.S., Macioszczyk T., Różkowski A., 2002. Słownik Hydrogeologiczny. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2002. ISBN 83-86986-57-3. https://www.gov.pl/attachment/e51e0f2d-8315-49c9-9cb4-c0ac7a2a9a26 (dostęp 09.12.2022).

Górecki W. (red.), Hajto M., i in. 2011. Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat Zachodnich. AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Ministerstwo Środowiska, NFOŚiGW w Warszawie. Druk GOLDRUK (www.goldruk.com.pl). ISBN 13 978-83-88927-21-8, p. 772. https://kse.agh.edu.pl/uploaded/AGH-Atlas_Geotermalny_Karpat_Zachodnich-2011.pdf (dostęp 27.12.2022).

Górecki, W. (red.), Sowiżdżał, A., i in. 2012. Atlas geotermalny zapadliska przedkarpackiego. AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, NCBiR. Druk GOLDRUK (www.goldruk.com.pl). ISBN 978-83-88927-27-0, p. 418. https://kse.agh.edu.pl/uploaded/AGH-Atlas_Geotermalny_zapadliska_przedkarpackiego-2012.pdf (dostęp 27.12.2022).

Górecki W., Hajto M., Kuźniak T., Machowski G., Probulski J., Zdechlik R., 2009. Studium opłacalności ekonomicznej inwestycji związanej z pozyskaniem energii geotermalnej dla celów ciepłowniczych oraz rekreacyjnych z otworów wiertniczych istniejących na terenie miasta Gorlice oraz gmin: Ropa, Biecz, Moszczenica i Sękowa". Starostwo Powiatowe w Gorlicach. Arch. ZSTG „GEOS" w Krakowie.

GUS, LEŚNICTWO I ŁOWIECTWO

GUS, Podział terytorialny kraju - dane o użytki rolne - grunty orne, użytki rolne - sady, użytki rolne - łąki trwałe, użytki rolne - pastwiska trwałe – w podziale dla każdej gminy.

GUS, Użytkowanie gruntów i powierzchnia zasiewów w 2015 r.

GUS, Rolnictwo w województwie małopolskim, 2016

GUS, Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2018 r.

GUS, Rocznik statystyczny Leśnictwa, 2020.

GUS, Zwierzęta gospodarskie w 2020 r.

GUS, Zużycie paliw i nośników energii w 2020 r.

GUS, Powszechny Spis Rolny 2020.

Hajto M., 2008. Baza zasobowa wód termalnych na Niżu Polskim – geologiczne i hydrogeologiczne uwarunkowania lokalizacji obszarów perspektywicznych. Geologia. 2008, tom 34, zeszyt 3, 503–526 (dostęp 09.12.2022).

Hajto M., 2011. Potencjał geotermalny w rejonie zewnętrznych Karpat zachodnich. Technika Poszukiwań Geologicznych Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 1–2/2011. https://min-pan.krakow.pl/wp-content/uploads/sites/4/2017/12/05-hajto.pdf (dostęp 27.12.2022).

Hajto M., 2011b. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w wybranych miastach Karpat Zachodnich - Gorlice. [W:] Górecki W. (red.), Hajto M., i in. Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat Zachodnich. s. 670-677.

Hajto M., 2017. Ocena zasobów energetycznych wód geotermalnych znajdujących się w gminie Bochnia, miejscowość Cikowice (działki nr xxx) i możliwości ich wykorzystania w następujących celach: balneologia, rekreacja, sport, energetyka, ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja, chłód, wytwarzanie energii elektrycznej. Arch. Geoeko s.c. – J. Solecka, M. Solecki M.

Hajto M., Górecki W., 2010. Możliwości zagospodarowania wód termalnych w rejonie powiatu gorlickiego. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Budownictwo i Inżynieria Środowiska. z.57 [271], nr 4, s. 211-226. ISSN 0209-2646. https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.baztech-article-BTB2-0062-0068.

Hajto M., Górecki W., Kępińska B., Rajchel L., 2011. Możliwości zagospodarowania wód i energii geotermalnej w Karpatach Zachodnich. [W:] Górecki W. (red.), Hajto M., i in. Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat Zachodnich. s. 670-677.

Hajto M., Górecki W., Sowiżdżał A., Kubik. B., 2013. Ocena, na podstawie dostępnych danych, możliwości pozyskania i wykorzystania wód termalnych w rejonie Przylasku Rusieckiego w Krakowie. Kraków, listopad 2013. Towarzystwo Geosynoptyków GEOS – AGH. Opracowanie zostało wykonane na zlecenie Gminy Miejskiej Kraków w oparciu o Umowę nr W/I/2535/WR/100/2013 z dnia 12.09.2013 r.

Hajto M., Kotyza J., Plata J., Bogdał-Modlińska A., Papiernik B., Ciapała B., Luboń W., Pełka G., Hałaj E., Smaczna P., Górecki W., 2022. Projekt robót geologicznych na wykonanie otworu poszukiwawczo-rozpoznawczego wód termalnych Kraków GT-1 w Krakowie. Arch., Instytutu Zrównoważonej Energii „Miękinia" Sp. z o. o. Zleceniodawca MPEC S.A. w Krakowie.

Igliński B., 2019 - Badanie sektora energii odnawialnej w Polsce – potencjał techniczny, badania ankietowe, analiza SWOT, analiza PEST. Wyd. Nauk. UMK Toruń.

Izadyar, N., Ong, Ch.H., Chong, W.T., Leong, K.Y., 2016 - Resource assessment of the renewable energy potential for a remote area: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 62, 908–923.

Jachowicz-Zdanowska M., Buła Z. (red.), 2010. Prekambr i paleozoik regionu krakowskiego. Model budowy geologicznej, jego aspekt utylitarny. Konferencja naukowa, PIG–PIB, Kraków. 19.11.2010.

Jasnos J., Papiernik B., Hajto M. 2016. Warunki geotermiczne formacji mezozoicznych niecki miechowskiej i jej podłoża kontynuujących się pod zapadliskiem przedkarpackim i Karpatami zewnętrznymi. Technika Poszukiwań Geologicznych Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 2/2016 https://min-pan.krakow.pl/wydawnictwo/wp-content/uploads/sites/4/2017/12/20-jasnos-i-in.pdf (dostęp 27.12.2022).

Jawor E., 1970. Wgłębna budowa geologiczna na wschód od Krakowa. Acta Geologica Polonica vol. XX, nr 4,709-762.

Jawor E., 1999. Aktualne spojrzenie na możliwości odkrycia nowych akumulacji węglowodorów w środkowej i zachodniej części Karpat i Przedgórza. Mat. Konf., "Przemysł naftowy i nauka razem w XX wiek" Karpacka Konferencja Naukowa, Raba Niżna '99.

Jawor E., Baran U., 2001. Piaskowce cenomanu - rozpoznanie i perspektywy poszukiwawcze. Nafta-Gaz 2, 79-97.

Jurkiewicz H., Kania Z., 1999 - Profile głębokich otworów wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego. Jędrzejów IG-1, z, 92, Państwowy Instytut Geologiczny.

Kępińska B., 1995. Temperatura głównego poziomu wodonośnego pola geotermalnego Podhala, Technika Poszukiwań Geologicznych, Geosynoptyka i Geotermia nr 6, Kraków.

Kępińska B., 2001. Warunki hydrotermalne i termiczne podhalańskiego systemu geotermalnego w rejonie otworu Biały Dunajec PAN-1. Studia, Rozprawy, Monografie. 93. Wyd. IGSMiE PAN. Kraków.

Kępińska B., 2005. Geothermal energy country update report from Poland, Proceedings of the World Geothermal Congress Turkey 2005, CD.

Kępińska B., 2011. Charakterystyka fizyko-chemiczna wód geotermalnych [W:] Górecki W. (red.), Hajto M., i in. Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat Zachodnich. AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Ministerstwo Środowiska, NFOŚiGW w Warszawie. Druk GOLDRUK (www.goldruk.com.pl). ISBN 13 978-83-88927-21-8, p. 772. https://kse.agh.edu.pl/uploaded/AGH-Atlas_Geotermalny_Karpat_Zachodnich-2011.pdf (dostęp 27.12.2022).

Kępińska B., 2021. Wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce w latach 2019–2021. Prz. Geol., 69: 559–565. https://geojournals.pgi.gov.pl/pg/article/view/33241 (dostęp 27.12.2022).

Kępińska B., Hajto M., 2022. Geothermal Energy Use, Country Update for Poland, 2019 2021. European Geothermal Congress 2022 Berlin, Germany, 17-21 October 2022. www.europeangeothermalcongress.eu.

Kmiecik E., Tomaszewska B., Mazurkiewicz J., 2017 - The Quaternary groundwater as the low temperature energy source for heat pumps in Małopolska Province. E3S Web of Conferences 2017 vol. 22 art. no. 00082, s. 1–7.

Konior K., 1978. Ogólna analiza paleostrukturalna i charakterystyka skał zbiornikowych wypiętrzenia rzeszotarskiego i obszarów sąsiadujących, Komisja Nauk Geologicznych PAN, Prace Geologiczne 112, 3-63.

Mazurkiewicz J., Kmiecik E., Tomaszewska B., 2017 - Analiza możliwości wykorzystania wód podziemnych z utworów czwartorzędowych w systemach geotermii niskotemperaturowej w Małopolsce. Przegląd Geologiczny 2017, vol. 65 nr 11/1, s. 995–999.

Mazurkiewicz J., Kmiecik E., Tomaszewska B., 2017 - Analiza możliwości wykorzystania wód podziemnych z utworów czwartorzędowych w systemach geotermii niskotemperaturowej w Małopolsce: Przykład ujęcia w Kalwarii Zebrzydowskiej. Hydrogeologia 2018, t. 1, s. 40–48.

Moryc W., 1971. Trias przedgórza Karpat środkowych, Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego z, 3, 419-484.

Moryc W., 1976. Katalog Wierceń Górnictwa Naftowego - Geonafta, T. I, cz. 5.

Motyka J., WILK Z., 1976. Pionowe zróżnicowanie wodoprzepuszczalności węglanowych skał triasowych w świetle statystycznej analizy wyników próbnych pompowań (monoklina śląsko-krakowska), Kwartalnik Geologiczny vol. 20 (2), 381-400.

Ney R., Burzewski W., Bachleda T., Górecki W., Jakóbczak K., Słupczyński K., 1974. Zarys paleogeografii i rozwoju litologiczno-facjalnego utworów miocenu zapadliska przedkarpackiego. Ko misja Nauk Geologicznych PAN, Warszawa, Prace Geologiczne 82, 1-73.

Ney R.; Sokołowski J. 1987. Wody geotermalne Polski i możliwości ich wykorzystania. Nauka Polska nr 6, s. 67–92.

NIK, 2021. PEC Geotermia Podhalańska. Wystąpienie pokontrolne P/21/067. Wykorzystanie energii wód termalnych dla celów wytwarzania ciepła. https://www.nik.gov.pl/kontrole/wyniki-kontroli-nik/pobierz,lkr~p_21_067_202107141213301626257610~id0~01,typ,kj.pdf (dostęp 27.12.2022).

Nowak W., Stachel A., Borsukiewicz-Gozdur A., 2008 - Zastosowania odnawialnych źródeł energii. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin, 2008, str. 245-280.Karolewski i Ligocki, 2004.

Operacz A. (2017) The term „effective hydropower potential" based on sustainable development - an initial case study of the Raba river in Poland. Renewable and Sustainable Energy Reviews 75 (9), 1453-1463.

Operacz A., Grahl-Madsen M. (2018) Program of Hydropower Potential Assessment as an Effective Possibilities in Upper Vistula Water Region in Poland. Acta Sci. Pol., Formatio Circumlectus 17 (4), 157-172.

Oszczypko N., 1981. Wpływ neogeńskiej przebudowy przedgórza Karpat na warunki hydrodynamiczne i hydrochemiczne zapadliska przed karpackiego, Biuletyn Instytutu Geologicznego 325, 5-87.

Oszczypko N., 1983. Warunki paleohydrogeologiczne przedgórza Karpat środkowych przed dolnym badenem. Rocz. PTG, 54, 3-4, 379-396, 102.

Oszczypko N., 1996. Mioceńska dynamika polskiej części zapadliska przedkarpackiego, Przegląd Geologiczny vol. 44, nr 10, 1007-1018.

Oszczypko N., Tomaś A., 1976. Przedtortońska rzeźba przedgórza Karpat między Krakowem a Dębicą oraz jej wpływ na sedymentację miocenu, Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego vol. 46, z. 4, 525-548.

Oszczypko N., Tomaś A., 1978. Charakterystyka własności zbiornikowych osadów jurajskich na przedgórzu Karpat środkowych, Kwartalnik Geologiczny t. 22, nr 3, 585-599.

Państwowy Rejestr Granic i Powierzchni Jednostek Podziałów Terytorialnych Kraju 2 – Jednostki Administracyjny – Format Shapefile (SHP), www.dane.gov.pl[2] – https://dane.gov.pl/pl/dataset/726,panstwowy-rejestr-granic-i-powierzchni-jednostek-podziaow-terytorialnych-kraju/resource/29515/table.

PIG, 2021. Mapa zagospodarowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin w Polsce. https://www.pgi.gov.pl/wody-mineralne/mapa-zagospodarowania-wod/13820-mapa-zagospodarowania-wod-podziemnych-zaliczonych-do-kopalin-edycja-2021.html#edycja-2021 (dostęp 27.12.11.2022).

POŚ, 2013 – Uchwała Nr XXIV/174/2013 Rady Miejskiej w Libiążu z dnia 22 marca 2013 r., w sprawie przyjęcia „Programu Ochrony Środowiska dla gminy Libiąż na lata 2013-2016 z perspektywą do roku 2020".

Pożaryski W. 1974. Podział obszaru Polski na jednostki tektoniczne. [W:] W. Pożaryski (red.), Budowa geologiczna Polski, T. IV, Tektonika, cz. 1, Niż Polski, 24-34.

Rajchel L., 2011. Wykorzystanie wód geotermalnych w uzdrowisku Rabka Zdrój. [W:] Górecki W. (red.) i in. Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat Zachodnich. s. 149-151.

Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 23 grudnia 2020 r. w sprawie innych dokumentacji geologicznych.

RPD, 2020 - Regionalny Plan Działań dla Klimatu i Energii. Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego.

Różkowski A., 1996. Warunki występowania wód geotermalnych w masywie górnośląskim. Tech. Poszuk. Geol. – Geosynoptyka i Geotermia, 3-4: 9-12.

Senkowiczowa H., 1973. Budowa Geologiczna Polski. T.1, Stratygrafia cz. 2, Mezozoik-Trias, 15-118.

Sokołowski J. 1985. Wstępna ocena możliwości wykorzystania energii geotermalnej w Polsce (V Konferencja z cyklu: Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej; na temat: Problemy pierwotnych nośników energii w perspektywie roku 2000), Kraków, 14–15 listopada 1985, s. 379–402.

Sokołowski J., 1989. Badania wód geotermalnych w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem Podhala. Przegląd Geologiczny. Vol 37, No 9, s. 43 – 438. https://geojournals.pgi.gov.pl/pg/article/view/17162/13970.

Sokołowski J., 1992. Dokumentacja geosynoptyczna otworu geotermalnego Bańska IG-1, PAN CPPGSMiE, Kraków.

Sokołowski J., 1995. Geothermal provinces and basins in Poland, Polish Geothermal Association and Polish Academy of Sciences, Kraków, 1-124.

Sowiżdżał A., 2015. Characterization of geothermal reservoirs parameters in Polish part of Carpathian Foredeep, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, May 2015, Vol. 10, No. 2, p. 237 – 246.

Sowiżdżał A., Górecki W., 2013. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w rejonie zapadliska przedkarpackiego. Technika Poszukiwań Geologicznych Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 2. s. 59-73. https://min-pan.krakow.pl/wydawnictwo/wp-content/uploads/sites/4/2017/12/05-II-04-sowizdzal-gorecki.pdf (dostęp 27.12.11.2022).

Sowiżdżał A., Hajto M., Kotyza J., Górecki W. 2006. Ocena możliwości pozyskania i wykorzystania wód termalnych w rejonie Zatora. Arch. GEOS. AGH Kraków. Energy 2000 Technico M.A. Goczał Spółka Jawna.

Sowiżdżał, Górecki, 2013. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w rejonie zapadliska przedkarpackiego. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój; ISSN 0304-520X. — 2013 R. 52 z. 2, s. 59–73.

Szuflicki M., Malon A., & Tymiński M. (red.) 2022. Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31.12.2021 r. Warszawa: Państwowy Instytut Geologiczny. ISSN 2299-4459, ISBN (CD) 978-83-67197-97-7 http://geoportal.pgi.gov.pl/css/surowce/images/2021/bilans_2021.pdf (dostęp 27.12.2022).

Szuflicki M., Malon A., Tymiński M. (red.) i in., 2022. Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31 XII 2021 r. Państwowa Służba Geologiczna. Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy. http://geoportal.pgi.gov.pl/css/surowce/images/2021/bilans_2021.pdf (dostęp 27.12.2022).

Ślączka A. (red.), 1985. Potrójna IG-1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego. Z. 59. Wyd. Geol. Warszawa.

Ślączka A. 1976. Profil geologiczny otworu wiertniczego Sucha IG-1. Kwartalnik Geologiczny, 21: 405-406.

URE, 2022 - Wytwarzanie energii elektrycznej w Polsce w małych instalacjach OZE. Raport Prezesa URE za 2021 rok. Warszawa, kwiecień, 2022.

Wiktorowicz B., Nowak J., 2016. Wody geotermalne rejonu Kazimierzy Wielkiej i możliwości ich zagospodarowania. Technika Poszukiwań Geologicznych Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 2, s. 45-54. https://min-pan.krakow.pl/wp-content/uploads/sites/4/2017/12/04-wiktorowicz-nowak.pdf (dostęp 27.12.2022).

Witczak S., 1999. Analiza i interpretacja składu fizyko-chemicznego wód eksploatowanych w Białym Dunajcu i Bańskiej pod kątem poznawania systemu geotermalnego Podhala. Arch. IGSMiE PAN. Kraków.

Wójcik A., Marciniec P., Nieścieruk P. (red.), 2007. Głogoczów. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego. Z.115.Warszawa.

https://restor.eref-europe.org/

https://www.malopolska.pl/aktualnosci/srodowisko/wykorzystac-sile-rzeki-energia-ciekow-wodnych. Data dostępu: 10.2022

https://www.tauron-wydobycie.pl/spolka/zg-janina/charakterystyka-zakladu Data dostępu: 10.2022

www.globalsolaratlas.info

www.trmew.pl. Data dostępu: 10.2022

www.portpc.pl