

Wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce na tle innych krajów europejskich w latach 2014-2024

The use of geothermal energy in Poland compared with other European countries in 2014-2024

GABRIELA KIERZYK

DOI: 10.17512/INSTAL.2026.10.02

Unia Europejska rozwija energię geotermalną jako ważny element transformacji energetycznej i zwiększania niezależności od paliw kopalnych. Analizę przeprowadzono na podstawie danych za lata 2014-2023 dla Polski i UE-27 oraz za lata 2014-2024 dla bilansu energii geotermalnej w Polsce. Wykorzystano dane EGEC, IGA, Eurostat i GUS. Artykuł analizuje rozwój wykorzystania energii geotermalnej w Polsce na tle państw Unii Europejskiej w latach 2014-2024, ze szczególnym uwzględnieniem dynamiki rozwoju sektora, struktury zastosowań oraz miejsca geotermii w krajowym i europejskim miksie odnawialnych źródeł energii. Wyniki wskazują, że w latach 2014-2024 produkcja energii geotermalnej w UE-27 wzrosła z 259,5 tys. TJ do 279,0 tys. TJ, czyli o około 7,5%, przy średniorocznym tempie wzrostu wynoszącym 0,72%. Rozwój geotermii w Europie jest jednak silnie zróżnicowany przestrzennie. Polska należy do państw o rozwijającym się rynku geotermalnym. Produkcja energii geotermalnej wzrosła z 847 TJ w 2014 r. do 1556 TJ w 2024 r., czyli o 83,7%, przy średniorocznym tempie wzrostu 6,27%, wyższym od średniej UE-27. Pomimo tego udział Polski w europejskiej produkcji geotermalnej pozostaje niewielki i w 2024 r. wyniósł około 0,56%. Analiza krajowego bilansu energetycznego wykazała systematyczny wzrost wykorzystania geotermii w Polsce. W latach 2014-2024 jej pozyskanie zwiększyło się o 83,7%, a głównym odbiorcą pozostawały gospodarstwa domowe, odpowiadające za około 75% zużycia końcowego. Jednocześnie udział geotermii w całkowitym pozyskaniu energii z OZE w Polsce pozostaje bardzo mały i w 2023 r. wynosił około 0,2%. Oznacza to, że pomimo wzrostu wykorzystania geotermii jej potencjał nadal jest wykorzystywany w niewielkim stopniu w stosunku do posiadanych zasobów. Polska wpisuje się w europejski model wykorzystania geotermii przede wszystkim w ciepłownictwie.

Słowa kluczowe: energia geotermalna, odnawialne źródła energii, pozyskanie energii pierwotnej, bezpośrednie wykorzystanie energii, bilans energii, udział OZE, ogrzewanie i chłodzenie

The European Union is developing geothermal energy as an important component of the energy transition and efforts to increase independence from fossil fuels. The analysis was conducted based on data for the period 2014-2023 for Poland and the EU-27, and for the period 2014-2024 for the geothermal energy balance in Poland. Data from the European Geothermal Energy Council (EGEC), the International Geothermal Association (IGA), Eurostat, and Statistics Poland (GUS) were used. The article analyses the development of geothermal energy use in Poland against the background of European Union countries over the period 2014-2024, with particular emphasis on the dynamics of sector development, the structure of applications, and the position of geothermal energy in the national and European renewable energy mix. The results indicate that between 2014 and 2024, geothermal energy production in the EU-27 increased from 259.5 thousand TJ to 279.0 thousand TJ, representing an increase of approximately 7.5%, with an average annual growth rate of 0.72%. The development of geothermal energy in Europe, however, is highly differentiated spatially. Poland is among the countries with a developing geothermal market. Geothermal energy production increased from 847 TJ in 2014 to 1,556 TJ in 2024, representing an increase of 83.7%, with an average annual growth rate of 6.27%, which was higher than the EU-27 average. Despite this growth, Poland's share in European geothermal energy production remains small, amounting to approximately 0.56% in 2024. An analysis of the national energy balance revealed a systematic increase in the use of geothermal energy in Poland. Between 2014 and 2024, geothermal energy production increased by 83.7%, while households remained the main end-users, accounting for approximately 75% of final consumption. At the same time, the share of geothermal energy in total renewable energy production in Poland remains very small, amounting to approximately 0.2% in 2023. This indicates that, despite the growth in geothermal energy use, its potential is still exploited to a limited extent relative to the available resources. Poland follows the European model of geothermal energy utilisation, primarily in district heating.

Keywords: geothermal energy, renewable energy sources, primary energy production, direct energy use, energy balance, share of renewable energy sources, heating and cooling

mgr Gabriela Kierzyk, doktorantka, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, e-mail: zak2001@poczta.fm

Data zgłoszenia: 16.06.2026. Data przyjęcia: 31.08.2026. Data publikacji: 20.10.2026

Wprowadzenie

W obliczu rosnących napięć geopolitycznych, niestabilności cen energii oraz pogłębiającego się kryzysu klimatycznego Unia Europejska coraz wyraźniej dostrzega konieczność przyspieszenia transformacji energetycznej i ograniczenia zależności od importowanych paliw kopalnych. Jednym z istotnych elementów tej strategii jest energia geotermalna, uznawana za stabilne, lokalne i odnawialne źródło energii o szerokim zakresie zastosowań. Ogłoszony 22 kwietnia 2026 r. przez Komisję Europejską plan AccelerateEU, pozytywnie przyjęty przez Europejską Radę ds. Energii Geotermalnej (EGEC, 2026b), podkreśla strategiczne znaczenie geotermii dla bezpieczeństwa energetycznego i odporności gospodarczej Europy. Dokument zakłada rozwój narzędzi wspierających inwestycje geotermalne, ograniczanie ryzyka projektowego oraz wzmacnianie współpracy międzynarodowej w sektorze. EGEN ocenia te działania jako ważny krok w kierunku zwiększenia udziału energii geotermalnej w europejskim miksie energetycznym oraz budowy bardziej zrównoważonego i niezależnego systemu energetycznego. Plan odpowiada postulatowi EGEN dotyczącym europejskiej strategii i planu działania w zakresie geotermii, przedstawionym Komisji Europejskiej w 2025 r. (EGEC, 2025b). Energia geotermalna jest coraz częściej postrzegana jako jeden z filarów czystego, bezpiecznego i konkurencyjnego systemu energetycznego, a nie jako technologia niszowa (EGEC, 2026a). Rosnące znaczenie energii geotermalnej znajduje odzwierciedlenie w bogatej literaturze przedmiotu, obejmującej zagadnienia związane z rolą geotermii w zrównoważonym systemie energetycznym, jej oddziaływaniem na środowisko, rozwojem technologii i nowych kierunków zastosowań, a także analizy światowego i krajowego wykorzystania tego źródła energii.

Pierwszy nurt badań koncentruje się na roli energii geotermalnej jako stabilnego, odnawialnego źródła energii oraz elementu zrównoważonego systemu energetycznego. Kompleksową charakterystykę geotermii, obejmującą technologie pozyskiwania energii, efektywność systemów oraz uwarunkowania środowiskowe i techniczne, przedstawili I. Stober i K. Bucher (2013). Z kolei H.A. Aaheim i J. Bundschuh (2002) zwracają uwagę na znaczenie geotermii dla rozwoju społeczno-gospodarczego, analizując koszty i korzyści społeczne oraz bariery ograniczające prywatne inwestycje mimo ich wysokiej użyteczności społecznej. Problematykę odnawialności zasobów geotermalnych oraz trwałości systemów eksploatacyjnych podejmują L. Rybach

i M. Mongillo (2006), natomiast C. Mitchell (2010) wskazuje, że geotermia stanowi jeden z filarów zrównoważonego systemu energetycznego opartego na komplementarnym wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii.

Drugim szeroko rozwijanym nurtem badań są środowiskowe skutki wykorzystania energii geotermalnej. Analizy cyklu życia instalacji geotermalnych wskazują na ich bardzo niską emisyjność w porównaniu z technologiami wykorzystującymi paliwa kopalne (R. DiPippo, 2012; W.G.P. Kumari, R.G. Ranjith, 2019; A. Paulillo i in., 2019; M. Ahsan i in., 2023). W szerszej perspektywie znaczenie geotermii dla realizacji światowych celów klimatycznych analizują J.S. Kikstra i in. (2022), wskazując, że zwiększenie udziału tej technologii w produkcji energii może istotnie ograniczyć globalną emisję dwutlenku węgla do 2050 r. Nowoczesne technologie i kierunki rozwoju geotermii omawiają m.in. E. Halaj i B. Kępińska (2019) oraz J. Szanyi i in. (2023), wskazując na możliwości łączenia produkcji ciepła z pozyskiwaniem minerałów z wód termalnych. Z kolei R. Bertani (2012) oraz S.G. Hamm i in. (2021) podkreślają skalowalność projektów geotermalnych i ich potencjał innowacyjny. T. Wang i in. (2024) wskazują natomiast, że rozwój systemów hybrydowych, łączących różne źródła energii, w tym energię słoneczną i wiatrową, zwiększa stabilność oraz niezawodność dostaw energii. Istotny nurt badań stanowią analizy światowego wykorzystania energii geotermalnej. J.W. Lund i współautorzy (2005, 2011, 2016, 2021) dokumentują systematyczny wzrost liczby krajów wykorzystujących geotermię oraz zmiany struktury jej zastosowań. Liczba państw wykorzystujących geotermię bezpośrednio wzrosła z 28 w 1995 r. do 58 w 2000 r., 72 w 2005 r., 78 w 2010 r., 82 w 2015 r. oraz 88 w 2020 r. Badania te wskazują na dominację pomp ciepła i systemów ogrzewania budynków przy jednoczesnym wzroście znaczenia geotermii w rolnictwie, przemyśle i rekreacji. L. Rybach (2014) analizuje wykorzystanie geotermii do produkcji energii elektrycznej na świecie na podstawie globalnych danych statystycznych za lata 1995-2013 i porównuje tempo jej rozwoju z innymi odnawialnymi źródłami energii. Autor stwierdza, że rozwój geotermii na świecie jest stabilny, lecz relatywnie niewielki, na poziomie kilku procent rocznie, w porównaniu z tempem rozwoju energetyki wiatrowej i fotowoltaiki. Z kolei B. Kępińska i M. Hajto przedstawiają kolejne przeglądy rozwoju geotermii w Polsce i na świecie, wskazując na wzrost znaczenia geotermii w ciepłownictwie, balneoterapii i rekreacji oraz na wykorzystanie pomp ciepła. Zwracają

również uwagę na intensyfikację prac poszukiwawczych i inwestycyjnych wspieranych przez programy publiczne, które przyczyniły się do wzrostu znaczenia geotermii jako niskoemisyjnego źródła energii (B. Kępińska, 2021, 2025; B. Kępińska, M. Hajto, 2023a, 2023b, 2023c, 2025).

Jak wskazano powyżej, mimo licznych opracowań poświęconych energii geotermalnej dotychczasowe badania koncentrują się przede wszystkim na zagadnieniach technologicznych, środowiskowych, funkcjonalnych i inwestycyjnych. Stosunkowo niewiele uwagi poświęcono analizom porównawczym przedstawiającym rozwój wykorzystania energii geotermalnej w Polsce na tle państw Unii Europejskiej w wieloletniej perspektywie, z uwzględnieniem struktury wykorzystania w poszczególnych sektorach gospodarki oraz miejsca geotermii w krajowej strukturze odnawialnych źródeł energii. Pomimo dostępności danych statystycznych w literaturze brakuje ich kompleksowej syntezy i interpretacji. Wypełnienie tej luki badawczej jest istotne zarówno z punktu widzenia transformacji energetycznej, jak i identyfikacji możliwości dalszego rozwoju geotermii. Postawiono zatem pytanie badawcze: jak kształtowało się wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce na tle krajów Unii Europejskiej w latach 2014-2024 oraz jaka była jego struktura w poszczególnych sektorach gospodarki? Celem artykułu jest identyfikacja skali i struktury wykorzystania energii geotermalnej w krajach Unii Europejskiej oraz w Polsce na podstawie publikowanych danych statystycznych. Wkład pracy stanowi wieloletnia analiza porównawcza wykorzystania energii geotermalnej w Polsce i krajach Unii Europejskiej, obejmująca zarówno ocenę zmian zachodzących w czasie, jak i charakterystykę struktury zastosowań tej technologii. Analiza pozwala ocenić, czy kierunki rozwoju sektora geotermalnego w Polsce są zbliżone do obserwowanych w krajach Unii Europejskiej, wskazać obszary różnic, określić kierunek zmian i odnieść go do potencjału rozwojowego. Pozwala również wskazać kraje o wysokim poziomie wykorzystania geotermii, których rozwiązania mogą stanowić punkt odniesienia dla dalszego rozwoju tego sektora w Polsce.

Metodyka

Analizę danych dotyczących pozyskania energii pierwotnej w Polsce na tle 27 państw Unii Europejskiej oraz zmian udziału poszczególnych nośników OZE w pozyskaniu energii ze źródeł odnawialnych przeprowadzono dla lat 2014-2023 na podstawie danych GUS. Ponieważ dane za 2024 r. dla krajów europejskich nie były jeszcze dostępne, w celu zachowania

porównywalności przyjęto 2023 r. jako ostatni rok wspólny dla Polski i UE-27. Bilans energii geotermalnej dla 27 państw Unii Europejskiej, obejmujący produkcję krajową ogółem, produkcję energii elektrycznej i ciepła, wykorzystanie energii geotermalnej w sektorze ogrzewania i chłodzenia oraz ilość ciepła pozyskanego z zastosowaniem geotermalnych pomp ciepła, przedstawiono dla lat 2014-2024 na podstawie danych Eurostatu. Analizę bilansu energii geotermalnej w Polsce w zakresie pozyskania, zużycia końcowego i struktury odbiorców przeprowadzono dla lat 2014-2024 na podstawie danych GUS. Artykuł opiera się na danych publikowanych przez Europejską Radę ds. Energii Geotermalnej (EGEC) za 2024 r., Międzynarodowe Stowarzyszenie Geotermalne (IGA) za 2023 r., Główny Urząd Statystyczny (GUS) za lata 2014-2024 oraz Eurostat za lata 2014-2024. W danych Eurostatu dotyczących krajowej produkcji energii geotermalnej we Francji dla 2024 r. opublikowano wartość „0”, którą uznano za anomalię statystyczną. Wartość dla 2024 r. oszacowano zatem przez interpolację danych z lat 2023 i 2025, uzyskując 19 tys. TJ. Dane spółek geotermalnych dotyczące sprzedaży energii pochodzącej z geotermii przedstawiono dla lat 2016-2024. Zakres ten wynika z dostępności sprawozdań z działalności publikowanych w Krajowym Rejestrze Sądowym. Przy szacowaniu sprzedaży energii z geotermii wykorzystano dane ze sprawozdań z działalności, protokołów kontroli Najwyższej Izby Kontroli (NIK) oraz sprawozdań z działań mających na celu osiągnięcie efektywnego energetycznie systemu ciepłowniczego. Zestawienie danych dotyczących wykorzystania energii geotermalnej w Polsce w latach 2014-2024 i ich porównanie z danymi dla wybranych krajów Unii Europejskiej pozwala ukazać skalę wykorzystania tego odnawialnego źródła energii w ujęciu krajowym i europejskim.

Wyniki

Potencjał wód i energii geotermalnej w Europie

Najważniejsze obszary występowania i wykorzystania zasobów geotermalnych w Europie są związane z kilkoma głównymi basenami geotermalnymi. Należą do nich: basen paryski, którego liderem w wykorzystaniu energii geotermalnej jest Francja; basen panoński, obejmujący m.in. Węgry, Serbię, Słowację, Słowenię i Rumunię; Niż Europejski, na którego obszarze znajdują się zasoby eksploatowane w Niemczech, Danii i Polsce; paleogeńskie baseny Karpat Wewnętrznych, obejmujące Polskę i Słowację, oraz alpejskie struktury Europy

Południowej, występujące w Bułgarii, Rumunii, Grecji i Turcji (W. Górecki, 2009).

Europejska Rada Energii Geotermalnej (European Geothermal Energy Council) wskazuje trzy główne grupy rynków geotermalnych, wyodrębniane z uwzględnieniem potencjału zasobowego, uwarunkowań geologicznych oraz poziomu rozwoju rynku i infrastruktury. Do rynków rozwiniętych, posiadających wieloletnie doświadczenie i rozbudowaną infrastrukturę energetyczną, należą Islandia, Włochy, Turcja, pozostająca poza UE-27, Francja, Niemcy i Węgry. Wykorzystanie energii geotermalnej obejmuje w tych państwach zarówno ciepłownictwo, jak i produkcję energii elektrycznej, szczególnie w krajach dysponujących zasobami wysokotemperaturowymi, takich jak Islandia, Włochy i Turcja. Rynki rozwijające się tworzą państwa posiadające potencjał zasobowy, lecz wykorzystujące go w mniejszym stopniu niż liderzy, m.in. Polska, Holandia, Rumunia, Słowacja, Belgia i Chorwacja. Państwa te wykorzystują głównie zasoby geotermii niskotemperaturowej w systemach ciepłowniczych, rekreacji i lokalnych instalacjach grzewczych. Do grupy krajów wykorzystujących głęboką geotermię w ograniczonym zakresie należą m.in. Finlandia, Szwecja, Czechy i Irlandia (EGEC, n.d.). W państwach tych wykorzystanie energii geotermalnej opiera się głównie na płytkiej geotermii, w szczególności pompach ciepła, co wynika z mniej korzystnych warunków geologicznych lub konkurencyjności innych odnawialnych źródeł energii (J. Lund, A. Toth, 2021). Klasyfikacja zasobów geotermalnych może być również oparta na temperaturze, a pośrednio na entalpii medium będącego nośnikiem ciepła. W zależności od przyjętej klasyfikacji za zasoby wysokotemperaturowe uznaje się zasoby o temperaturze przekraczającej 150°C, 190°C, 200°C lub 225°C (W. Górecki, 2006a), natomiast systemy niskotemperaturowe wykorzystują wody i pary wodne o temperaturze od 20 do 150°C (W. Górecki, 2009). Według Atlasu zasobów geotermalnych Europy największy potencjał geologiczny występuje na obszarach aktywnych tektonicznie i wulkanicznie, m.in. w Islandii, Turcji i we Włoszech. Potencjał umiarkowany występuje natomiast m.in. w Polsce, Niemczech, Austrii, Słowacji i Rumunii (S. Hurter, R. Haenel, 2002).

Potencjał wód i energii geotermalnej w Polsce

W Polsce występują zasoby wód i energii geotermalnej, które nie są jeszcze w pełni zagospodarowane. W skali regionalnej najlepsze warunki do wykorzystania w celach grzewczych występują w rejonie

Podhala, należącym do prowincji geotermalnej Karpat, gdzie udokumentowane temperatury w obrębie zbiornika wynoszą od 20°C do 127,5°C. Wydajność ujęć sięga 550 m³/h, a mineralizacja wynosi poniżej 3 g/dm³ na Podhalu i do około 120 g/dm³ w Karpatach zewnętrznych. Na Niżu Polskim, w rejonie nieccek szczyńskiej, mogileńskiej i łódzkiej, wskazuje się na potencjał zastosowania innowacyjnych technologii EGS i AGS wykorzystujących ciepło suchych gorących skał. Udokumentowane temperatury wynoszą od 20°C do 97,5°C, wydajność może przekraczać 300 m³/h, a mineralizacja jest zróżnicowana i może przekraczać 300 g/dm³. W centralnej części zapadliska przedkarpackiego wykorzystanie energii geotermalnej do celów ciepłowniczych jest mniejsze, natomiast dominują zastosowania rekreacyjne i balneologiczne. Wskazywane temperatury wynoszą od 20°C do 110°C, przy zwykle niskich wydajnościach, poniżej 20 m³/h, z wyjątkiem zbiornika cenomanu, dla którego podawana jest wartość około 250 m³/h. Mineralizacja jest zróżnicowana i może przekraczać 300 g/dm³. Do obszarów perspektywicznych zalicza się również Łądek-Zdrój, Cieplice Śląskie-Zdrój i inne lokalizacje w prowincji geotermalnej Sudetów. Sumaryczne zasoby dyspozycyjne energii geotermalnej zgromadzone w prowincjach Niżu Polskiego, Karpat i zapadliska przedkarpackiego oszacowano na około 220 mln ton oleju ekwiwalentnego (TOE). Potencjał techniczny, rozumiany jako zasoby eksploatacyjne, stanowi około 1,5-2,5% zasobów dyspozycyjnych, czyli 3-6 mln TOE. Teoretyczne obliczenia wskazują na równowartość 300-500 instalacji geotermalnych, z których każda mogłaby produkować około 500 TJ energii rocznie. Wykorzystanie 10% tego potencjału odpowiadałoby 30-50 instalacjom (M. Hajto, 2023). Zasoby dyspozycyjne definiuje się jako „ilość wolnej (grawitacyjnej) wody geotermalnej poziomu hydrogeotermalnego lub innej jednostki bilansowej możliwej do zagospodarowania w danych warunkach środowiskowych, ale bez wskazania szczegółowej lokalizacji i warunków techniczno-ekonomicznych ujęcia wody”, natomiast zasoby eksploatacyjne jako „ilość wolnej (grawitacyjnej) wody geotermalnej możliwej do uzyskania w danych warunkach geologicznych i środowiskowych, za pomocą ujęć o optymalnych parametrach techniczno-ekonomicznych” (W. Górecki, 2009). Biorąc pod uwagę dziewięć obecnie działających instalacji geotermalnych, można stwierdzić, że wykorzystanie geotermii w Polsce odpowiada około 1% potencjału eksploatacyjnego.

Rozwój wykorzystania energii geotermalnej w Europie w latach 2014-2024 oraz stan sektora na podstawie danych za 2023 r.

Analiza danych Eurostatu dotyczących krajowej produkcji energii geotermalnej w latach 2014-2024 wskazuje na umiarkowany wzrost znaczenia tego źródła energii w Unii Europejskiej. Łączna produkcja geotermalna w UE-27 wzrosła z 259,5 tys. TJ w 2014 r. do 279,0 tys. TJ w 2024 r., co oznacza wzrost o 7,5% oraz średnioroczne skumulowane tempo wzrostu (CAGR) na poziomie 0,72%. Dynamika ta wskazuje na stopniowy rozwój sektora, jednak tempo zmian było znacznie wolniejsze niż w przypadku innych odnawialnych źródeł energii, takich jak energia wiatrowa czy słoneczna. Na tym tle geotermia należy do najwolniej rosnących technologii OZE, jednak wynika to m.in. z jej specyfiki związanej z rozpoznaniem geologicznym, wysokonakładowymi odwiertami, budową lub modernizacją infrastruktury ciepłowniczej oraz ryzykiem inwestycyjnym.

Dominująca pozycja Włoch

W obrębie Unii Europejskiej zdecydowanym liderem pozostają Włochy, które w 2024 r. odpowiadały za około 75% produkcji geotermalnej UE-27 (209,7 tys. TJ) pomimo spadku produkcji w porównaniu z 2014 r. o 4,3%. We Włoszech historycznie (w 1913 r. uruchomiono pierwszą na świecie elektrownię geotermalną w Larderello) działalność geotermalna opiera się o produkcję energii elektrycznej głównie w obszarze Toskanii (znajdują się tam 34 elektrownie geotermalne) pomimo tego produkcja pokrywa tylko 2% zapotrzebowania na energię elektryczną w tym kraju. Wskazuje się na niedostateczny poziom wykorzystania tego źródła energii nawet na tak dojrzałym rynku (Opportunitaty, n.d.). Pomimo pozycji europejskiego lidera w wykorzystaniu energii geotermalnej, Włochy stosują rygorystyczne procedury oceny projektów geotermalnych. Przykładem jest wyrok Regionalnego Sądu Administracyjnego Toskanii (TAR Toscana, nr 76/2025), który uchylił pozytywną decyzję środowiskową dla pilotażowego projektu geotermalnego „Lucignano”, uniemożliwiając jego realizację (Sienafree, n.d.). Przypadek ten pokazuje, że rozwój geotermii we Włoszech opiera się nie tylko na wieloletnim doświadczeniu i zaawansowaniu technologicznym, lecz także na wysokich standardach środowiskowych oraz uwzględnianiu interesów lokalnych społeczności.

Rozwój geotermii w pozostałych krajach europejskich

Poza Włochami wysokie średnie tempo wzrostu wykorzystania geotermii w okresie 2014-2024 w krajach Unii Europejskiej odnotowano m.in. w Niemczech, we Francji, na Węgrzech i w Holandii. Niemcy zwiększyły produkcję z 7,6 tys. TJ w 2014 r. do 17,3 tys. TJ w 2024 r., czyli o ponad 127% co daje średnie tempo wzrostu na poziomie 8,56%. Rozwój ten był związany głównie z inwestycjami w głęboką geotermię wykorzystywaną do systemów ciepłowniczych (średni udział produkcji krajowej Niemiec do produkcji krajowej UE-27 w latach 2014-2024 stanowił 12,6% przy średnim CAGR na poziomie 26,3%), do produkcji energii elektrycznej oraz wykorzystaniu pomp ciepła (średni udział energii środowiskowej pozyskiwanej przez geotermalne pompy ciepła w latach 2021-2024 do energii pozyskanej przy pomocy geotermalnych pomp ciepła w UE-27 wyniósł 16,7%). Liderem w zakresie wykorzystania pomp ciepła jest Szwecja – w 2024 osiągnęła 12 306,9 GWh, a dla porównania Niemcy 4 344,4 GWh.

Mimo że sektor geotermalny w Niemczech rozwija się dynamicznie i jest postrzegany jako kluczowy filar dekarbonizacji ciepłownictwa to energia geotermalna odpowiada obecnie za około 2% zapotrzebowania Niemiec na ciepło. W kraju funkcjonują 42 instalacje głębokiej geotermii, 16 kolejnych instalacji jest w fazie budowy, a 155 projektów w fazie planowania (Taylor Wessing, 2026). Francja w okresie badanej dekady osiągnęła średni około 6% udział w produkcji krajowej z geotermii w UE-27 przy około 4% średniorocznym skumulowanym tempie wzrostu (CAGR). Francja ma ponad 57 letnie doświadczenie w bezpośrednim wykorzystaniu energii (pierwsza instalacja ciepłownicza została oddana do użytku w 1969 r. w Melun-l'Almont i nadal funkcjonuje) (Schmidlé-Bloch et al., 2022). W latach 2014-2024 Francja odpowiadała średnio za 48% produkcji ciepła geotermalnego w państwach UE-27. Wykorzystuje energię geotermalną także do produkcji energii elektrycznej – elektrownie w Bouillante na Gwadelupie z mocą 15 MW i w Soultz-sous-Forêts w Alzacji o mocy 1,7 MW. Francja w latach 2021-2024 odpowiadała za 10% europejskiego rynku (UE-27) energii środowiskowej pozyskanej przez geotermalne pompy ciepła. Jako perspektywy rozwoju wskazywane jest wykorzystanie geotermii w ciepłownictwie i chłodnictwie dzięki projektom realizowanym na Karaibach i we Francji kontynentalnej (Union Française de l'Électricité. (n.d.).

Holandia charakteryzowała się najwyższą średnią dynamiką wzrostu wśród państw UE – 27 produkcja krajowa wzrosła pięciokrotnie z 1,5 tys. TJ w 2014 do 7,5 tys. TJ w 2024 (CAGR 17,4%). Główną przyczyną była ekspansja geotermii w sektorze szklarniowym, szczególnie po kryzysie energetycznym w 2022 r., gdy wzrosło znaczenie bezpieczeństwa energetycznego i ograniczenia zależności od gazu ziemnego (International Renewable Energy Agency, & International Geothermal Association (2023)). Węgry w ostatniej dekadzie zwiększyły produkcję o ponad 103%, osiągając w 2024 r. poziom 7,7 tys. TJ. Węgry charakteryzują się korzystnymi warunkami hydrogeologicznymi wyróżniającymi ten kraj zarówno na tle Europy jak i w skali międzynarodowej. Wykorzystanie geotermii szczególnie w obszarze ciepłowniczym pozostaje jednak niewielkie m.in. w wyniku niskiego poziomu geobadań i zaawansowania działań w zakresie infrastruktury ciepłowniczej pomimo faktu uzależnienia gospodarki krajowej od dostaw gazu z Rosji. Przykładowo analiza możliwości integracji geotermii z miejskim systemem ciepłowniczym w Székesfehérvárze wskazuje na potencjał redukcji zużycia gazu o około 50%. (D. Strasszer, G. Xydis, 2024). Turcja jest drugim największym producentem energii geotermalnej w Europie. Nie jest członkiem Unii Europejskiej i dlatego jej wartości nie są uwzględniane w wartości UE-27. Produkcja geotermalna w Turcji wzrosła z 147,5 tys. TJ w 2014 r. do 519,8 tys. TJ w 2024 r., co oznacza wzrost aż o 252,4% oraz średnie roczne tempo wzrostu na poziomie 13,4%. Tak dynamiczny rozwój wynika przede wszystkim z korzystnych warunków geologicznych (aktywna sejsmicznie zachodnia Anatolia), intensywnego rozwoju elektrowni geotermalnych oraz szerokiego wykorzystania ciepła geotermalnego w rolnictwie szklarniowym, turystyce i systemach ogrzewania. Prezentacja Turcji znacząco zmienia obraz europejskiej geotermii – jej produkcja jest niemal dwukrotnie większa niż całej UE-27.

Pozycja Polski na tle krajów Unii Europejskiej

Polska w analizowanym okresie charakteryzowała się systematycznym, choć umiarkowanym wzrostem produkcji energii geotermalnej. Wartość produkcji wzrosła z 847 TJ w 2014 r. do 1556 TJ w 2024 r., co oznacza wzrost o 83,7% i średnie roczne tempo wzrostu na poziomie 6,27% (CAGR). Pomimo korzystnej dynamiki Polska pozostaje państwem o stosunkowo niewielkim znaczeniu w europejskim

sektorze geotermalnym. W 2024 r. udział Polski w produkcji geotermalnej UE-27 wyniósł około 0,56%, a średni udział w całym okresie 2014-2024 wynosił około 0,40%. Dla porównania udział Włoch przekraczał 75%, Niemiec około 6%, a Węgier 2,77%. Wzrost wykorzystania geotermii w Polsce wynika przede wszystkim z rozwoju ciepłownictwa geotermalnego, a nie produkcji energii elektrycznej. W Polsce na koniec 2024 roku działało 9 spółek geotermalnych realizujących w różnej formule ciepłownicze projekty geotermalne. W tabeli 1 przedstawiono dane prezentujące funkcjonujące projekty geotermalne ze wskazaniem rocznej sprzedaży TJ pochodzące z geotermii. Na koniec 2024 roku łączna oszacowana sprzedaż wyniosła 1066,5 TJ. Wiodące są dwa projekty: realizowany przez Spółkę Geotermia Podhalańska S.A. (jej sprzedaż energii stanowi blisko 50% całkowitej sprzedaży realizowanych projektów) oraz G-Term Energy Sp. z o.o. co roku zwiększający sprzedaż w wyniku przeprowadzanych inwestycji w obszarze źródła.

Sektor geotermalny w 2023 r.

W 2023 roku w 37 krajach Europy całkowita zainstalowana moc geotermalna wykorzystywana bezpośrednio do celów grzewczych, rekreacyjnych, przemysłowych i rolniczych osiągnęła 37 051,78 MWt, natomiast produkcja energii cieplnej wyniosła 291 240,67 TJ. Polska znalazła się w gronie państw o znaczącym wykorzystaniu energii

Tabela 2. Wykorzystanie energii geotermalnej w 37 krajach w Europie do celów bezpośrednich w 2023 r.
Table 2. Use of geothermal energy in 37 countries in Europe for direct purposes in 2023

Rolnictwo i przetwórstwo spożywcze, ciepło procesowe dla przemysłu, zdrowie, rekreacja i turystyka, ogrzewanie i chłodzenie budynków, pozostałe zastosowania				
Lp.	Łączna moc zainstalowana w 37 krajach w Europie w MWt w 2023 roku		Łączna wyprodukowana energia w 37 krajach w Europie w TJ w 2023 roku	
	37 051,78		291 240,67	
	10 liderów europejskich		10 liderów europejskich	
1	Szwecja – głównie pompy ciepła	7 280,00	Szwecja	67 680,00
2	Niemcy	5 381,30	Islandia	35 615,00
3	Francja	2 868,20	Niemcy	32 183,64
4	Islandia	2 823,00	Francja	24 263,97
5	Szwajcaria	2 389,10	Finlandia	23 400,00
6	Finlandia	2 300,00	Szwajcaria	14 456,16
7	Holandia	1 830,00	Norwegia	12 601,20
8	Ukraina	1 606,96	Holandia	10 434,00
9	Włochy	1 317,00	Węgry	9 687,62
10	Austria	1 266,80	Włochy	9 668,00
	Polska	1 089,30	Polska	6 047,10

Źródło: Opracowanie własne danych na podstawie bazy danych energii geotermalnej: <https://worldgeothermal.org/geothermal-data/geothermal-energy-database> Baza danych energii geotermalnej – Międzynarodowe Stowarzyszenie Geotermalne Copyright (c) 2024 International Geothermal Association (IGA)

geotermalnej, choć wyraźnie ustępujących europejskim liderom.

Ogrzewanie i chłodzenie jako dominujący kierunek wykorzystania energii geotermalnej w Europie

Najważniejszym obszarem bezpośredniego wykorzystania energii geotermalnej w Europie było ogrzewanie i chłodzenie budynków, które odpowiadało za ponad 91% całkowitej zainstalowanej

mocy geotermalnej wykorzystywanej w zastosowaniach bezpośrednich. Świadczy to o dużym wpływie wykorzystania energii geotermalnej w sektorze komunalno-bytowym w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych.

Znacznie mniejszą skalę w Europie osiąga geotermalna produkcja energii elektrycznej. Trzy kraje: Turcja, Włochy i Islandia łącznie odpowiadały za ponad 95% europejskiej produkcji energii elektrycznej z geotermii.

Tabela 1. Projekty geotermalne działające w Polsce stan na koniec roku 2024
Table 1. Geothermal projects operating in Poland as of the end of 2024

Polska - projekty geotermalne - działające	Zawiązanie spółki	Uruchomienie produkcji	Roczna sprzedaż ciepła w TJz geotermii								
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Pojekt Geotermalnego Ucieptownienia Podnala – Spółka Geotermia Podhalańska S.A.	1993	1994	384,3	404,9	402,7	440,9	433,9	494,0	527,4	528,3	506,5
Projekt Geotermalny Pyrzyce – Geotermia Pyrzyce Sp. z o.o.	1994	1996	51,9	50,4	59,1	62,5	56,8	40,8	57,3	33,3	15,1
Projekt Geotermii Mazowieckiej Mszczonów – Geotermia Mazowiecka S.A	1994	2000	14,8	15,5	15,5	15,2	14,8	17,9	16,5	15,2	15,0
Projekt Geotermalny Uniejów – Geotermia Uniejów Sp. z o.o.	1999	2001	1,1	1,1	1,1	8,0	3,8	4,5	5,2	28,6	29,4
Projekt Geotermalny Stargard – Spółka G-Term Energy sp. z o.o. (projekt rozpoczęty przez spółkę Przedsiębiorstwo Usług	2005/2011	2005/2011	186	186	230	226,3	208,2	249,1	284,2	319,7	388
Projekt Geotermalny Poddębice – Geotermia Poddębice Sp. z o.o.	2UUU	2014	48,0	50,1	42,5	43,7	42,9	46,4	46,2	43,6	39,9
Projekt Geotermalny Toruń – Spółka Geotermia Toruń Sp. z o.o.	2008	2022									50
projekt Geotermalny Koło – Geotermia Koło Sp. z o.o.	2023	2024									16,4
Projekt Geotermalny Sieradz – Spółka PEC Sieradz Sp. z o.o.	operator/2024	2024									6,2
Projekt Geotermalny Konin – Impec Konin Sp. z o.o.	operator/2024	2025									0,0

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Sprawozdań z działalności spółek, raportów kontrolnych NIK, sprawozdań z działań mających na celu osiągnięcie efektywnego energetycznie systemu ciepłowniczego, ogólnodostępnych informacji publikowanych na stronach internetowych spółek, M.Hajto, B.Kępińska: Geothermal Energy Use – Country Update for Poland, 2022-2024, Europejski Kongres Geotermalny, Zurych, Szwajcaria 2025. W przypadku projektu w Sieradzu wartość sprzedaży dotyczy części roku.

Tabela 3. Wykorzystanie energii geotermalnej w 37 krajach w Europie do celów ogrzewania i chłodzenia budynków w 2023 r.

Table 3. Use of geothermal energy in 37 European countries for heating and cooling buildings in 2023

Ogrzewanie i chłodzenie budynków				
Lp.	Łączna moc zainstalowana w 37 krajach w Europie w MWt w 2023 roku		Łączna wyprodukowana energia w 37 krajach w Europie w TJ w 2023 roku	
	33 902,04		253 107,54	
	10 liderów europejskich		10 liderów europejskich	
1	Szwecja	7 280,00	Szwecja	67 680,00
2	Niemcy	5 324,50	Niemcy	30 475,08
3	Francja	2 735,50	Islandia	25 914,00
4	Szwajcaria	2 366,80	Finlandia	23 400,00
5	Finlandia	2 300,00	Francja	22 586,20
6	Islandia	2 054,00	Szwajcaria	13 789,08
7	Holandia	1 600,00	Norwegia	12 601,20
8	Ukraina	1 600,00	Austria	7 551,36
9	Austria	1 204,90	Polska	5 821,20
10	Norwegia	1 150,18	Ukraina	4 990,00
11	Polska	1 045,4		

Źródło: Opracowanie własne danych na podstawie bazy danych energii geotermalnej: <https://worldgeothermal.org/geothermal-data/geothermal-energy-database>

Tabela 4. Wykorzystanie energii geotermalnej w 37 krajach w Europie do celów produkcji energii elektrycznej w 2023 r.

Table 4. Use of geothermal energy in 37 European countries for electricity production in 2023

Produkcja energii elektrycznej				
Lp.	Całkowita moc zainstalowana (MW)		Całkowita produkcja energii elektrycznej (GWh)	
	3 505,19		23 133,08	
	10 liderów europejskich		10 liderów europejskich	
1	Turcja	1 717,29	Turcja	10 840,00
2	Włochy	915,80	Włochy	5 917,00
3	Islandia	755,30	Islandia	5 788,40
4	Niemcy	47,00	Niemcy	207,70
5	Portugalia	31,80	Portugalia	158,90
6	Francja	17,20	Francja	127,00
7	Chorwacja	16,50	Chorwacja	74,65
8	Węgry	3,00	Węgry	18,13
9	Austria	1,20	Rumunia	0,80
10	Rumunia	0,10	Austria	0,50

Źródło: Opracowanie własne danych na podstawie bazy danych energii geotermalnej: <https://worldgeothermal.org/geothermal-data/geothermal-energy-database>

Struktura wykorzystania energii geotermalnej w Europie według sektorów zastosowania

W 2023 r. dominującym zastosowaniem energii geotermalnej w Europie było ogrzewanie i chłodzenie budynków, odpowiadające w większości państw za ponad 90% mocy zainstalowanej i produkowanej energii. Szczególnie wysoki udział tego sektora odnotowano m.in. w Finlandii, Szwecji, Norwegii, Danii, Litwie i Polsce. Wyjątkiem jest Islandia, gdzie wykorzystanie geotermii jest bardziej zróżnicowane: 73% przypada na ogrzewanie i chłodzenie budynków, 11% na rolnictwo i przetwórstwo spożywcze, a 7% na zdrowie, rekreację i turystykę. Znaczące zróżnicowanie struktury wykorzystania geotermii obserwuje się także we Włoszech. Wykorzystanie geotermii

w Europie jest zróżnicowane. W części państw istotną rolę odgrywają zdrowie, rekreacja i turystyka, m.in. w Portugalii (70%), Bułgarii (60%) i Słowacji (59%). Holandia wyróżnia się natomiast dominacją rolnictwa i przetwórstwa spożywczego (53%), szczególnie w ogrzewaniu szklarni. Polska wpisuje się w dominujący europejski model wykorzystania geotermii – 96% energii geotermalnej przeznacza się na ogrzewanie i chłodzenie budynków, a około 4% na zdrowie, rekreację i turystykę. Rolnictwo i przemysł mają marginalne znaczenie.

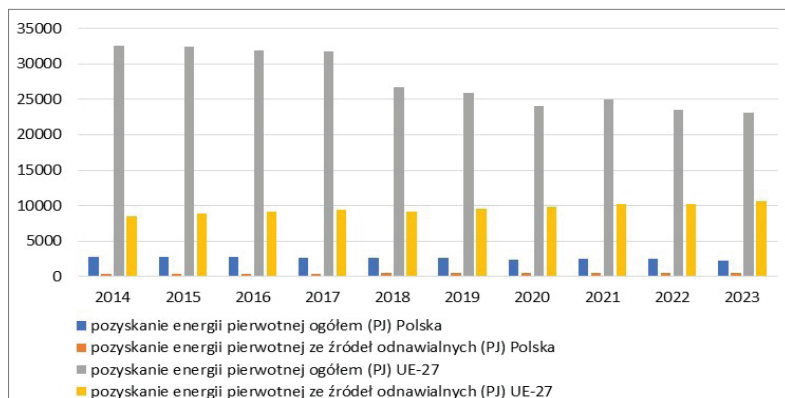
Podsumowując, europejski sektor geotermalny jest silnie ukierunkowany na wykorzystanie geotermii do ogrzewania i chłodzenia budynków. W roku 2024 w Europie oddano do użytku 10 nowych geotermalnych zakładów wykorzystujących geoter-

mię do ogrzewania i chłodzenia: w tym 3 w Polsce, 2 w Wielkiej Brytanii oraz po 1 we Francji, Grecji, Rumunii, Hiszpanii i Holandii. Na koniec 2024 roku w Europie działało łącznie 412 geotermalnych zakładów w tym segmencie z czego 308 w państwach członkowskich Unii Europejskiej. Dodatkowo, ponad 500 projektów było w fazie realizacji na różnych etapach (EGEC, Key Findings, 2025a). Wśród najbardziej perspektywicznych rynków wymienia się Niemcy (z około 170 systemami w fazie rozwoju), Polskę (z 72 projektami geotermalnymi w fazie rozwoju), Węgry (47), Francję (41) i Holandię (39). Inne rozwijające się i wschodzące rynki wskazane jako perspektywiczne to: Chorwacja (23), Szwajcaria (19), Austria (15) i Dania (8) (EGEC, Key Findings, 2025a). Pod koniec 2024 roku w całej Europie działało łącznie 147 elektrowni geotermalnych (EGEC, Key Findings, 2025a).

Pozyskanie energii pierwotnej w Polsce i w krajach Unii Europejskiej (UE-27) w latach 2014-2023

W badanym okresie całkowite pozyskanie energii pierwotnej w Polsce zmniejszyło się z 2 805,16 PJ do 2 269,25 PJ, co oznacza spadek o 19,1%. Jeszcze większą zmianę odnotowano w UE-27, gdzie wartość ta obniżyła się z 32 510,72 PJ do 23 154,64 PJ, tj. o 28,8%. Jednocześnie obserwowano systematyczny wzrost pozyskania energii z odnawialnych źródeł. W Polsce ilość energii pierwotnej pochodzącej z OZE zwiększyła się z 339,13 PJ w 2014 r. do 581,97 PJ w 2023 r., (wzrost o 71,6%). W UE-27 wzrost ten był również znaczący, choć mniej dynamiczny, i wyniósł 25,6%, z 8 478,27 PJ do 10 647,48 PJ. Konsekwencją opisanych zmian był wzrost udziału OZE w pozyskaniu energii pierwotnej ogółem. Mimo wyraźnego postępu obserwowanego w Polsce poziom wykorzystania OZE pozostawał niższy od poziomu unijnego. Różnica między Polską a UE-27 wynosiła 14,0 p. proc. w 2014 r. i zwiększyła się do 20,4 p. proc. w 2023 r. Wyniki potwierdzają postępującą transformację energetyczną zarówno w Polsce, jak i w całej Unii Europejskiej.

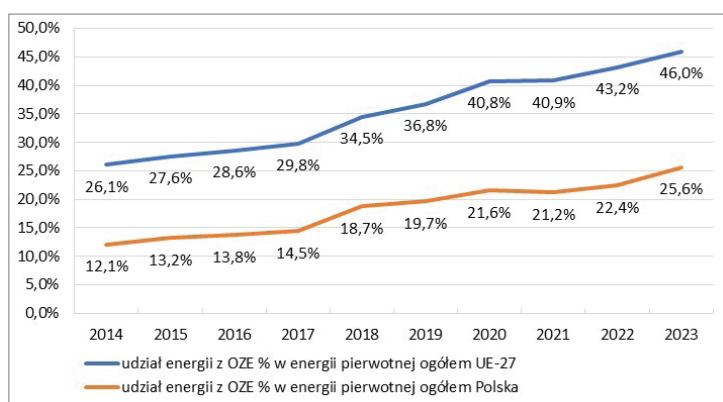
W strukturze pozyskania energii ze źródeł odnawialnych zarówno w Polsce, jak i w UE-27 w 2023 r. największy udział miały biopaliwa stałe. W Polsce odpowiadały za 59,6%, a w UE-27 za 37,0% pozyskania energii z OZE. Znaczący udział miała również energia wiatru, która stanowiła 15,1% w Polsce i 16,2% w UE-27. Najniższe udziały dotyczyły energii z odpadów komunalnych oraz energii geotermalnej. W Polsce wynosiły one



Rys. 1. Pozyskanie energii pierwotnej i energii z OZE [PJ]

Fig. 1. Primary energy production and renewable energy production [PJ]

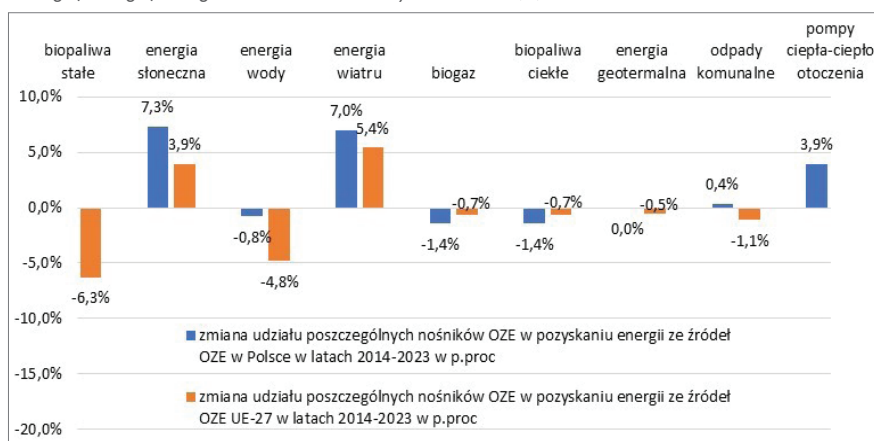
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS: „Energia ze źródeł odnawialnych w 2018 roku”, „Energia ze źródeł odnawialnych w 2019 roku”, „Energia ze źródeł odnawialnych w 2022 roku”, „Energia ze źródeł odnawialnych w 2023 r.”, „Energia ze źródeł odnawialnych w 2024 r.” <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/energia-ze-zrodel-odnawialnych-w-2024-r-,3,19.html>



Rys. 2. Udział energii z OZE w pozyskaniu energii pierwotnej ogółem w Polsce i Unii Europejskiej (UE-27) w latach 2014-2023 [%]

Fig. 2. Share of renewable energy in total primary energy production in Poland and the European Union (EU-27) in 2014-2023 [%]

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS: „Energia ze źródeł odnawialnych w 2018 roku”, „Energia ze źródeł odnawialnych w 2019 roku”, „Energia ze źródeł odnawialnych w 2022 roku”, „Energia ze źródeł odnawialnych w 2023 r.”, „Energia ze źródeł odnawialnych w 2024 r.” <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/energia-ze-zrodel-odnawialnych-w-2024-r-,3,19.html>



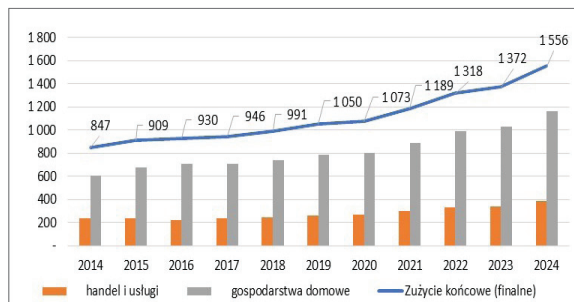
Rys. 3. Zmiana udziału poszczególnych nośników OZE w pozyskaniu energii ze źródeł odnawialnych w Polsce i Unii Europejskiej (UE-27) w latach 2014-2023 [p. proc.]

Fig. 3. Change in the share of individual renewable energy carriers in renewable energy production in Poland and the European Union (EU-27) in 2014-2023 [percentage points]

Opracowanie własne na podstawie danych GUS: „Energia ze źródeł odnawialnych w 2018 roku”, „Energia ze źródeł odnawialnych w 2019 roku”, „Energia ze źródeł odnawialnych w 2022 roku”, „Energia ze źródeł odnawialnych w 2023 r.”, „Energia ze źródeł odnawialnych w 2024 r.” <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/energia-ze-zrodel-odnawialnych-w-2024-r-,3,19.html>

odpowiednio 0,8% i 0,2%, natomiast w UE-27 3,4% i 2,6%. Analiza zmian udziału poszczególnych nośników OZE w pozyskaniu energii ze źródeł odnawialnych w latach 2014-2023 zaprezentowana na rys. 3 wskazuje na wyraźne przeobrażenia struktury odnawialnych źródeł energii zarówno w Polsce, jak i w UE-27.

Porównanie Polski z UE-27 wskazuje na podobny kierunek zmian strukturalnych, polegający na zmniejszeniu udziału biopaliw stałych oraz wzroście udziału energii słonecznej, energii wiatru i pomp ciepła.



Rys. 4. Zużycie końcowe energii geotermalnej w Polsce w latach 2014-2024 według przeznaczenia [TJ]

Fig. 4. Final consumption of geothermal energy in Poland in 2014-2024 by purpose [TJ]

Opracowanie własne na podstawie danych GUS: „Energia ze źródeł odnawialnych w 2018 roku”, „Energia ze źródeł odnawialnych w 2019 roku”, „Energia ze źródeł odnawialnych w 2022 roku”, „Energia ze źródeł odnawialnych w 2023 r.”, „Energia ze źródeł odnawialnych w 2024 r.” <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/energia-ze-zrodel-odnawialnych-w-2024-r-,3,19.html>

Analiza bilansu energii geotermalnej w Polsce w latach 2014-2024

W latach 2014-2024 pozyskanie i krajowe zużycie energii geotermalnej w Polsce wzrosło z 847 TJ do 1 556 TJ. Oznacza to wzrost o około 83,7% w porównaniu z 2014 r. Tendencja wzrostowa była obserwowana przez cały analizowany okres, bez lat spadkowych. Szczególnie duży przyrost odnotowano w latach 2021-2024, kiedy pozyskanie energii zwiększyło się z 1 189 TJ do 1 556 TJ. Struktura zużycia końcowego energii geotermalnej była wyraźnie zdominowana przez gospodarstwa domowe. W 2014 r. sektor ten odpowiadał za 72% zużycia końcowego, natomiast od 2017 r. jego udział ustabilizował się na poziomie około 75%. W wartościach bezwzględnych zużycie energii geotermalnej przez gospodarstwa domowe wzrosło z 608 TJ w 2014 r. do 1 167 TJ w 2024 r., czyli o 559 TJ, tj. 91,9%. Znacznie mniejszy udział w zużyciu końcowym miał sektor handlu i usług. W analizowanym okresie jego udział zmniejszył się z 28% do 25%. Mimo spadku udziału procentowego zużycie energii geotermalnej w tym sektorze wzrosło z 239 TJ

do 389 TJ, czyli o 62,8%. Głównym odbiorcą pozostawały gospodarstwa domowe, które odpowiadały za około trzy czwarte całkowitego wykorzystania energii geotermalnej w Polsce.

Dyskusja

Rząd, reprezentowany przez Ministra Aktywów Państwowych, 30 grudnia 2019 r. przekazał Komisji Europejskiej „Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030”. Dokument został przyjęty przez Komitet do Spraw Europejskich 18 grudnia 2019 r. i określa założenia i cele polityki oraz działania w obszarze bezpieczeństwa energetycznego, funkcjonowania wewnętrznego rynku energii, efektywności energetycznej, obniżenia emisyjności, badań naukowych i innowacji oraz konkurencyjności. Sytuacja geopolityczna, w tym agresja Rosji na Ukrainę, a także uwarunkowania makro- i mikroekonomiczne, takie jak wysoka inflacja, niepewność inwestycyjna oraz rosnące koszty prowadzenia działalności gospodarczej, mogą ograniczać tempo transformacji energetycznej i realizacji działań proekologicznych.

W analizowanym okresie obserwowano ciągły wzrost udziału OZE w pozyskaniu energii pierwotnej zarówno w krajach Unii Europejskiej, jak i w Polsce, a także systematyczny wzrost pozyskania i krajowego zużycia energii geotermalnej w Polsce. Pomimo rozwoju technologii geotermalnych, szerokiego zakresu ich zastosowań oraz rosnącej wymiany doświadczeń eksperckich udział geotermii w odnawialnych źródłach energii pozostaje niewielki. Wśród przyczyn tego stanu wskazuje się m.in. niewystarczające działania na rzecz rozwoju geotermii przed 2015 r., niewielką popularność inwestycji wynikającą z wysokich nakładów początkowych i braku zapewnionego finansowania, czasochłonność procesów inwestycyjnych, a także zmiany organizacyjne w resortach odpowiedzialnych za sektor geotermalny. Finansowanie inwestycji geotermalnych w latach 2015-2021 ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz Ministerstwa Klimatu i Środowiska, w wysokości około 840 mln zł, nie przełożyło się w tym okresie na rozwój sektora, co wiązano z długotrwałymi i skomplikowanymi procedurami pozyskiwania środków. Mogło to wpływać na wydłużenie fazy przedrealizacyjnej inwestycji. Po 2021 r. rozwój geotermii w Polsce był wspierany przede wszystkim za pośrednictwem programów priorytetowych NFOŚiGW, przygotowywanych i realizowanych w ramach polityki Ministerstwa Klimatu i Środowiska. Szczególne znaczenie miał program „Udostępnianie wód termalnych w Polsce”,

ukierunkowany na poszukiwanie i rozpoznawanie zasobów wód termalnych. Program pozwalał ograniczać ryzyko geologiczne inwestycji przez finansowanie odwiertów badawczych, w niektórych przypadkach nawet do 100% kosztów. W 2024 r. w jego ramach sfinansowano m.in. odwierty w 17 lokalizacjach za łączną kwotę około 250 mln zł. Kolejnym etapem wsparcia było zagospodarowanie potwierdzonych zasobów, m.in. w ramach programu „Polska Geotermia Plus”, obejmującego budowę i rozbudowę ciepłowni geotermalnych, wykonywanie otworów produkcyjnych i chłonných oraz rozwój sieci ciepłowniczych. W latach 2022-2024 z programu przeznaczono do 6 mln zł dla Krynicy-Zdroju i Rabki-Zdroju na pilotaż w zakresie rozwoju geotermii niskotemperaturowej w gminach uzdrowiskowych, a w 2024 r. 52 mln zł dla Geotermii Podhalańskiej S.A. na rozbudowę systemu geotermalnego, odwiert produkcyjny, wymienniki ciepła oraz sieć ciepłowniczą. W tym samym roku Turek otrzymał 73 mln zł na wykonanie nowego odwiertu chłonnego. W 2026 r. uruchomiono program „OZE – źródło ciepła dla ciepłownictwa”, obejmujący również produkcję ciepła z geotermii, z alokacją 2 mld zł. Dane te wskazują na rosnące znaczenie tego źródła energii w transformacji polskiego ciepłownictwa.

Udział geotermii w odnawialnych źródłach energii może wzrastać, czego przykładem są trzy nowe projekty geotermalne uruchomione w 2024 r. w Koninie, Kole i Sieradzu. Perspektywny jest także rozwój projektu geotermalnego na Podhalu, w Szaflarach. Zgodnie z założeniami Wieloletniego Programu Rozwoju Wykorzystania Geotermii w Polsce do 2040 r. wskazuje się możliwość wykonania 78 otworów badawczych, a następnie 78 instalacji geotermalnych o łącznej mocy rzędu 290 MW i sprzedaży ciepła pochodzącego z geotermii na poziomie 10 044 TJ. Są to wartości szacunkowe, których osiągnięcie wymaga spełnienia dodatkowych warunków formalnoprawnych, jednak wskazują one na znaczny potencjał rozwojowy. Realizacja tych założeń pozwoliłaby zwiększyć wykorzystanie zasobów geotermalnych w Polsce do około 7%. Wśród działań mogących zdynamizować rozwój sektora wskazuje się konieczność prowadzenia przez państwową służbę geologiczną prac badawczych dotyczących perspektywicznych obszarów miejskich o dużej koncentracji potrzeb ciepłowniczych, szersze wsparcie merytoryczne inwestorów, szczególnie w fazie przedrealizacyjnej, oraz rozważenie poszerzenia katalogu beneficjentów mogących ubiegać się o dofinansowanie poszukiwania i rozpoznawania wód termalnych.

Wnioski

Przeprowadzona analiza wykorzystania energii geotermalnej w Polsce na tle państw Unii Europejskiej w latach 2014-2024 pozwala stwierdzić, że geotermia systematycznie zwiększa swoje znaczenie w europejskim systemie energetycznym, jednak tempo jej rozwoju pozostaje wyraźnie zróżnicowane przestrzennie. W latach 2014-2024 produkcja energii geotermalnej w UE-27 zwiększyła się z 259,5 tys. TJ do 279,0 tys. TJ, co oznacza wzrost o około 7,5% i średnioroczne skumulowane tempo wzrostu na poziomie 0,72%. Wynika to między innymi ze specyfiki inwestycji geotermalnych, obejmującej wysokie nakłady początkowe, ryzyko geologiczne, długi okres przygotowania inwestycji oraz konieczność dostosowania źródła do lokalnej infrastruktury ciepłowniczej. Analiza przestrzenna wskazuje na bardzo silną koncentrację produkcji geotermalnej w wybranych państwach. Szczególną pozycję zajmują Włochy, które w 2024 r. odpowiadały za około trzy czwarte produkcji geotermalnej UE-27. Jednocześnie dynamiczny rozwój obserwowano w Niemczech, Holandii, Francji i na Węgrzech.

Polska w badanym okresie należała do państw o rozwijającym się rynku geotermalnym. Produkcja energii geotermalnej zwiększyła się z 847 TJ w 2014 r. do 1 556 TJ w 2024 r., a więc o 83,7%, przy średniorocznym tempie wzrostu wynoszącym 6,27%. Tempo to było wyższe od średniej dla UE-27. Pomimo korzystnej dynamiki udział Polski w europejskiej produkcji geotermalnej pozostaje jednak niewielki i w 2024 r. wynosił około 0,56%. Oznacza to, że potencjał geotermalny kraju jest nadal wykorzystywany w ograniczonym stopniu. Analiza struktury zastosowań potwierdziła, że zarówno w Polsce, jak i w większości państw europejskich dominującym kierunkiem wykorzystania energii geotermalnej jest ogrzewanie i chłodzenie budynków. Istotną cechą polskiego sektora geotermalnego jest brak wykorzystania geotermii do produkcji energii elektrycznej. Parametry niektórych nowych odwiertów, szczególnie na Podhalu, uzasadniają prowadzenie dalszych analiz dotyczących możliwości wykorzystania zasobów geotermalnych także do produkcji energii elektrycznej, co może otworzyć nowy kierunek rozwoju sektora. Analiza bilansu energetycznego Polski wykazała systematyczny wzrost wykorzystania geotermii. W latach 2014-2024 pozyskanie energii geotermalnej zwiększyło się o około 83,7%. Na podstawie przeprowadzonej analizy można odpowiedzieć na postawione pytanie badawcze, że wykorzystanie energii

geotermalnej w Polsce w latach 2014–2024 rozwijało się systematycznie i charakteryzowało tempem wzrostu wyższym od średniej UE-27, jednak jego skala pozostawała niewielka w relacji do potencjału geotermalnego kraju. Polska jest podobna do większości państw europejskich pod względem dominacji zastosowań ciepłowniczych, natomiast od państw o bardziej dojrzałych rynkach geotermalnych różni ją mniejszy stopień dywersyfikacji zastosowań oraz brak istotnego wykorzystania geotermii do produkcji energii elektrycznej. Szczególnego znaczenia nabiera zatem stworzenie mechanizmów ograniczających ryzyko nieosiągnięcia zakładanych parametrów złoża, wsparcie inwestora na etapie rozpoznania zasobów oraz zapewnienie finansowania całego procesu inwestycyjnego, od badań geologicznych do budowy źródła i jego integracji z systemem ciepłowniczym. Istotnym kierunkiem powinno być również rozwijanie krajowej bazy wiedzy o zasobach geotermalnych oraz monitorowanie efektów ekonomicznych i energetycznych realizowanych projektów.

Literatura

- [1] Acheim, H. A., & Bundschuh, J. (2002). The value of geothermal energy for developing countries. In D. Chandrasekhar & J. Bundschuh (Eds.), *Geothermal energy resources for developing countries*. A. A. Balkema Publishers.
- [2] Ahsan, M., Luna, E., & Kaageson-Loe, N. (2023). Investigating compromises between performance and carbon footprint—Drilling fluid applications for enhanced geothermal systems: A case study. In *Proceedings of the World Geothermal Congress 2023*. International Geothermal Association. <https://www.worldgeothermal.org/pdf/IGA-standard/WGC/2023/921.pdf>
- [3] Bertani, R. (2012). Geothermal power generation in the world 2005–2010 update report. *Geothermics*, 41, 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2011.10.001>
- [4] DiPippo, R. (2012). *Geothermal power plants: Principles, applications, case studies and environmental impact* (3rd ed.). Butterworth-Heinemann.
- [5] European Geothermal Energy Council. (2025a). *EGEC geothermal market report 2024* (14th ed.). <https://www.egec.org/wp-content/uploads/2025/07/EGEC-MR2024-Key-Findings.pdf>
- [6] European Geothermal Energy Council. (2025b). *The European geothermal strategy and action plan: Making Europe competitive, secure and affordable*. <https://www.egec.org/wp-content/uploads/2025/12/EGEC-European-Geothermal-Strategy-and-Action-Plan-2025.pdf>
- [7] European Geothermal Energy Council. (2026a, April 21). *EGEC annual report 2025*. <https://www.egec.org/wp-content/uploads/2026/04/EGEC-Annual-Report-2025.pdf>
- [8] European Geothermal Energy Council. (2026b, April 22). *AccelerateEU plan puts geothermal at the heart of Europe's energy transition*. <https://www.egec.org/egec-welcomes-accelerateeu-plan/>
- [9] European Geothermal Energy Council. (n.d.). *Dekada geotermalna*. Retrieved May 25, 2026, from <https://www.egec.org/geothermal-decade-2/>
- [10] European Geothermal Energy Council. (n.d.). *Geothermal market report 2024*. Retrieved August 7, 2026, from <https://www.egec.org/media-publications/egec-annual-report-2024/>
- [11] Eurostat. (n.d.). Overall share of energy from renewable sources, 2004–2022 (% of gross final energy consumption). Retrieved March 2, 2024, from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Table_1-Overall_share_of_energy_from_renewable_sources_2004-2022_%25_of_gross_final_energy_consumption.png
- [12] Eurostat. (n.d.). Supply, transformation and consumption of renewables and wastes [nrg_cb_rw_custom_22186680], Production of electricity and derived heat by type of fuel [nrg_bal_peh_custom_22185419], Heat pumps - ambient heat captured by technology and climate [nrg_ind_ahbtc_custom_22186599] dostęp 4.08.2026, <https://ec.europa.eu/eurostat>
- [13] Główny Urząd Statystyczny. (2019). *Energia ze źródeł odnawialnych w 2018 roku*. <https://stat.gov.pl/>
- [14] Główny Urząd Statystyczny. (2020). *Energia ze źródeł odnawialnych w 2019 roku*. <https://stat.gov.pl/>
- [15] Główny Urząd Statystyczny. (2023). *Energia ze źródeł odnawialnych w 2022 roku*. <https://stat.gov.pl/>
- [16] Główny Urząd Statystyczny. (2024). *Energia ze źródeł odnawialnych w 2023 roku*. <https://stat.gov.pl/>
- [17] Główny Urząd Statystyczny. (2025). *Energia ze źródeł odnawialnych w 2024 roku*. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/energia-ze-zrodel-odnawialnych-w-2024-r-3,19.html>
- [18] Górecki, W. (Ed.). (2006a). *Atlas zasobów energii geotermalnej na Niżu Polskim: Formacje paleozoiczne*. Akademia Górniczo-Hutnicza.
- [19] Górecki, W. (2009). *Możliwości wykorzystania wód i energii geotermalnej w Polsce*. In *Zarys stanu i perspektyw energetyki polskiej*. Wydawnictwo AGH.
- [20] Halaj, E., & Kępińska, B. (2019). Conjunctive uses of the geothermal water resources from Lower Cretaceous formations in the Mogilno–Łódź Trough, Poland. *Sustainable Water Resources Management*, 5, 1479–1494. <https://doi.org/10.1007/s40899-018-0284-y>
- [21] Hajto, M. (2023). *Zasoby geotermalne w Polsce*. In *Budowanie zdolności kluczowych zainteresowanych stron w dziedzinie energii geotermalnej*. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN.
- [22] Hajto, M., & Kępińska, B. (2025). *Stan wykorzystania energii geotermalnej na świecie i w Europie w 2024–2025*. In A. Kasztelewicz (Ed.), *IX Ogólnopolski Kongres Geotermalny: Książka rozszerzonych abstraktów*. Polskie Towarzystwo Geotermalne. <https://kongresgeotermalny.pl/wazne/ksiazka-abstraktow-ix-ogolnopolski-kongres-geotermalny/>
- [23] Hamm, S. G., et al. (2021). *Geothermal energy R&D: An overview of the U.S. Department of Energy's Geothermal Technologies Office*. *Journal of Energy Resources Technology*, 143(10), 100801. <https://doi.org/10.1115/1.4049581>
- [24] Hurter, S., & Haenel, R. (Eds.). (2002). *Atlas zasobów geotermalnych w Europie*. Urząd Publikacji Unii Europejskiej. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication-n/9003d463-03ed-4b0e-87e8-61325a2d4456>
- [25] International Geothermal Association. (2024). *Geothermal energy database*. Retrieved May 25, 2026, from <https://worldgeothermal.org/geothermal-data/geothermal-energy-database>
- [26] International Renewable Energy Agency, & International Geothermal Association (2023). *Global geothermal market and technology assessment*. International Renewable Energy Agency. <https://www.irena.org/Publications/2023/Feb/Global-geothermal-market-and-technology-assessment>
- [27] Kępińska, B. (2021). *Wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce w latach 2019–2021*. *Przegląd Geologiczny*, 69(9), 559–565. <https://geojournals.pgi.gov.pl/pgj/article/view/33241>
- [28] Kępińska, B. (2025). *Potencjał i wyzwania dla rozwoju geotermii w Polsce* [Prezentacja]. Forum 3: Nowe perspektywy rozwoju geotermii w Polsce: Racjonalna gospodarka zasobami wód i energią geotermalną, Warszawa, Polska.
- [29] Kępińska, B., & Hajto, M. (2023a). *Przegląd wykorzystania energii geotermalnej w Polsce w latach 2022–2023*. In A. Kasztelewicz (Ed.), *VIII Ogólnopolski Kongres Geotermalny: Książka rozszerzonych abstraktów*. Polskie Towarzystwo Geotermalne. <https://kongresgeotermalny.pl/wp-content/uploads/2023/11/8-OKG-Ksiazka-Abstraktow.pdf>
- [30] Kępińska, B., & Hajto, M. (2023b). *Stan wykorzystania energii geotermalnej na świecie i w Europie w 2022–2023*. In A. Kasztelewicz (Ed.), *VIII Ogólnopolski Kongres Geotermalny: Książka rozszerzonych abstraktów*. Polskie Towarzystwo Geotermalne. <https://kongresgeotermalny.pl/wp-content/uploads/2023/11/8-OKG-Ksiazka-Abstraktow.pdf>
- [31] Kępińska, B., & Hajto, M. (2025). *Przegląd wykorzystania energii geotermalnej w Polsce w latach 2022–2023 — [An overview of the geothermal energy use in Poland in 2022–2023]* W: *VIII Ogólnopolski kongres geotermalny* [Dokument elektroniczny] : 29 XI–01 XII 2023, Kraków: książka rozszerzonych abstraktów / red. Aleksandra Kasztelewicz, Kraków: Polskie Stowarzyszenie Geotermiczne, 2023b, <https://kongresgeotermalny.pl/wp-content/uploads/2023/11/8-OKG-Ksiazka-Abstraktow.pdf>
- [32] Kępińska, B., & Hajto, M. (2025). *Przegląd wykorzystania energii geotermalnej w Polsce w latach 2024–2025*. In *IX Ogólnopolski Kongres Geotermalny: Książka rozszerzonych abstraktów*. Polskie Towarzystwo Geotermalne. <https://kongresgeotermalny.pl/wazne/ksiazka-abstraktow-ix-ogolnopolski-kongres-geotermalny/>
- [33] Kikstra, J. S., Nicholls, S. R. J., Smith, C. J., Lewis, J., Lamboll, R. D., Byers, E., Sandstad, M., Meinshausen, M., Gidden, M. J., Rogelj, J., Kriegler, E., Peters, G. P., Fuglestad, J. S., Skeie, R. B., Samset, B. H., Wienpahl, L., van Vuuren, D. P., van der Wijst, K.-I., Al Khourdajie, A., Forster, P. M., Reisinger, A., Schaeffer, R., & Riahi, K. (2022). *The IPCC Sixth Assessment Report WGIII climate assessment of mitigation pathways: From emissions to global temperatures*. *Geoscientific Model Development*, 15(24), 9075–9109. <https://doi.org/10.5194/gmd-15-9075-2022>
- [34] Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami. (2023, 25 lipca). *Informacja ogólna*.
- [35] Kumari, W. G. P., & Ranjith, P. G. (2019). *Sustainable development of enhanced geothermal systems based on geotechnical research—A review*. *Earth-Science Reviews*, 199, 102955. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102955>
- [36] Lund, J. W., & Boyd, T. L. (2016). *Direct utilization of geothermal energy 2015 worldwide review*. *Geothermics*, 60, 66–93. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2015.11.004>
- [37] Lund, J. W., Freeston, D. H., & Boyd, T. L. (2005). *Direct application of geothermal energy: 2005 worldwide review*. *Geothermics*, 34(6), 691–727. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2005.09.003>
- [38] Lund, J. W., Freeston, D. H., & Boyd, T. L. (2011). *Direct utilization of geothermal energy 2010 worldwide review*. *Geothermics*, 40(3), 159–180. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2011.07.004>
- [39] Lund, J. W., & Toth, A. N. (2021). *Direct utilization of geothermal energy 2020 worldwide review*. *Geothermics*, 90, 101915. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2020.101915>

- [40] Mitchell, C. (2010). The political economy of sustainable energy. Palgrave Macmillan.
- [41] Ministerstwo Klimatu i Środowiska. (2021). Wieloletni program rozwoju wykorzystania zasobów geotermalnych w Polsce.
- [42] Ministerstwo Klimatu i Środowiska. (2019). Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021–2030. Retrieved June 12, 2026, from <https://www.gov.pl/web/klimat/krajowy-plan-na-rzecz-energii-i-klimatu>
- [43] Ministerstwo Klimatu i Środowiska. (n.d.-b). Programy Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Retrieved August 10, 2026, from <https://www.gov.pl/web/klimat/programy-narodowego-funduszu-ochrony-srodowiska-i-gospodarki-wodnej>
- [44] Ministerstwo Klimatu i Środowiska. (n.d.-c). W Turku powstanie ciepłownia geotermalna z dofinansowaniem NFOŚiGW. Retrieved August 10, 2026, from <https://www.gov.pl/web/klimat/w-turku-powstanie-cieplownia-geotermalna-z-dofinansowaniem-nfosigw>
- [45] Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. (n.d.-a). Inwestycje w odwierty geotermalne i gospodarkę wodno-ściekową. Retrieved August 10, 2026, from <https://www.gov.pl/web/nfosigw/inwestycje-w-odwierty-geotermalne-i-gospodarke-wodno-sciekowa>
- [46] Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. (n.d.-b). Krynica-Zdrój i Rabka-Zdrój zbadają możliwość czerpania ciepła z wnętrza Ziemi – umożliwi to pilotaż w ramach nowej części programu Polska Geotermia Plus. Retrieved August 10, 2026, from <https://www.gov.pl/web/nfosigw/krynica-zdroj-i-rabka-zdroj-zbadaja-mozliwosc-czerpania-ciepła-z-wnetrza-ziemi-umozliwi-to-pilotaz-w-ramach-nowej-czesci-programu-polska-geotermia-plus>
- [47] Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. (n.d.-c). Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej przekaże ponad 52 mln zł Geotermii Podhalańskiej na rozbudowę systemu geotermalnego oraz budowę przyłączy i sieci ciepłowniczych. Retrieved August 10, 2026, from <https://www.gov.pl/web/nfosigw/nfosigw-przekaze-ponad-52-mln-zl-geotermii-podhalanskiej-na-rozbudowe-systemu-geotermalnego-oraz-budowe-przylaczy-i-sieci-cieplowniczych>
- [48] Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. (n.d.-d). Poszukiwanie wód termalnych z dofinansowaniem NFOŚiGW. Retrieved August 10, 2026, from <https://www.gov.pl/web/nfosigw/poszukiwanie-wod-termalnych-z-dofinansowaniem-nfosigw>
- [49] Najwyższa Izba Kontroli. (2022). Wykorzystanie energii wód termalnych dla celów wytwarzania ciepła: Informacja o wynikach kontroli. <https://www.nik.gov.pl/kontrola/P/21/067/>
- [50] Opportunitaly. (n.d.). Geothermal energy: Italy excellence. Retrieved August 3, 2026, from <https://opportunitaly.gov.it/pl/news-and-media/geothermal-energy-italy-excellence>
- [51] Państwowy Instytut Geologiczny–Państwowy Instytut Badawczy. (n.d.). Geotermia w Szaflarach – zaskakujące parametry i możliwości wykorzystania. Retrieved August 8, 2026, from <https://www.pgi.gov.pl/geotermia/wm-aktualnosci/16764-geotermia-w-szaflarach-zaskakujace-parametry-i-mozliwosci-wykorzystania.html>
- [52] Paulillo, A., Striolo, A., & Lettieri, P. (2019). The environmental impacts and the carbon intensity of geothermal energy: A case study on the Hellisheiði plant. *Environment International*, 133(Part B), 105226. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105226>
- [53] Rybach, L. (2014). Geothermal power growth 1995–2013—A comparison with other renewables. *Energies*, 7(8), 4802–4812. <https://doi.org/10.3390/en7084802>
- [54] Rybach, L., & Mongillo, M. (2006). Geothermal sustainability—A review with identified research needs. *GRC Transactions*, 30, 1083–1090.
- [55] Schmidl-Bloch, V., Pomart, A., Boissavy, C., Maurel, C., Philippe, M., Cardona-Maestro, A., & Genter, A. (2022). Geothermal energy use, country update for France. *European Geothermal Congress 2022*. https://www.afpg.asso.fr/wp-content/uploads/2023/02/EGC_2022_FRANCE-country-update.pdf
- [56] SienaFree. (n.d.). Progetto geotermico Lucignano: Il TAR dà ragione a Radicondoli. Retrieved August 3, 2026, from <https://sienafree.it/166400-progetto-geotermico-lucignano-il-tar-da-ragione-a-radicondoli>
- [57] Stober, I., & Bucher, K. (2013). History of geothermal energy use. In I. Stober & K. Bucher, *Geothermal energy: From theoretical models to exploration and development* (pp. 15–24). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-13352-7>
- [58] Strasszer, D., & Xydis, G. (2024). Integrating geothermal energy in Hungary: A case study on sustainable urban heating and emissions mitigation through the district heating infrastructure. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 149, 105804. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2024.105804>
- [59] Szanyi, J., Rybach, L., & Abdulhaq, H. A. (2023). Geothermal energy and its potential for critical metal extraction—A review. *Energies*, 16(20), 7168. <https://doi.org/10.3390/en16207168>
- [60] Taylor Wessing. (2026). Geothermie in Deutschland. Retrieved August 3, 2026, from <https://www.taylorwessing.com/en/insights-and-events/insights/2026/04/geothermie-in-deutschland>
- [61] Union Française de l'Électricité. (n.d.). Observer: Baromètre 2025 de l'électricité renouvelable en France. Retrieved August 3, 2026, from <https://www.geothermies.fr/actualites/news/observer-barometre-2025-de-lelectricite-renouvelable-en-france>
- [62] Wang, T., Han, H., & Wang, Y. (2024). A two-stage distributionally robust optimization model for geothermal-hydrogen integrated energy system operation considering multiple uncertainties. *Environment, Development and Sustainability*, 26, 16223–16247. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03294-x>



Środowisko, technologia, nauka

Inspiracje i rozwiązania
dla regeneratywnej przyszłości

Wydział Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej

Woda • Odpady • Energia • Biotechnologia

Poznaj technologie. Porozmawiaj z ekspertami.

Warsztaty laboratoryjne • Spotkania • Konkursy • Wystawy • Forum

Dla uczniów, studentów, biznesu, samorządów i mieszkańców.

Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Społeczna
Odpowiedzialność
Nauki III

Sprawdź wydarzenia
wis.pcz.pl/son3

Projekt dofinansowany ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego
w ramach programu „Społeczna Odpowiedzialność Nauki III”.