

Monitoring geodynamiczny Polski jako zadanie państwowej służby geologicznej

Kamila Karkowska¹, Monika Wilde-Piórko¹, Marcin Dąbrowski², Mirosław Musiatewicz¹,
Kaj Michałowski¹, Martyna Kozielowicz¹, Bartłomiej Grochmal², Marcin Olkowicz²,
Beata Plesiewicz³, Monika Staszek³



K. Karkowska



M. Wilde-Piórko



M. Dąbrowski



M. Musiatewicz



K. Michałowski



M. Kozielowicz



B. Grochmal



M. Olkowicz



B. Plesiewicz



M. Staszek

Geodynamic monitoring of Poland as a task of the Polish Geological Survey. *Prz. Geol.*, 74: 297–304; doi: 10.7306/2026.23

Redaktor prowadząca: Maria Przyłucka

Abstract. Monitoring of geological hazards, including seismic activity, is a statutory task of the Polish Geological Survey, mandated by the Geological and Mining Law. Although Poland is not situated in a highly active seismic zone, it experiences both tectonic (natural) events and induced (anthropogenic) tremors. The latter are associated primarily with intensive mining activities in regions such as the Upper Silesian Coal Basin (GZW) and the Legnica-Głogów Copper District (LGOM). This paper provides a comprehensive

summary of over a decade of the Geodynamic Monitoring of Poland project, which entered its fifth stage in January 2025. This interdisciplinary project integrates continuous seismic monitoring with gravimetry, geomagnetism, satellite radar interferometry (InSAR), GNSS, and extensometric-inclinometric measurements to provide a comprehensive analysis of geodynamic processes.

Keywords: seismic activity in Poland, geodynamic monitoring, geohazards

Jednym z zadań państwowej służby geologicznej (PSG), zgodnie z ustawą z dnia 9 czerwca 2011 r. *Prawo geologiczne i górnicze* (Ustawa, 2011; dalej p.g.g.), jest rozpoznawanie i monitorowanie zagrożeń geologicznych, m.in. wstrząsów sejsmicznych. Zjawiska takie są na obszarze Polski związane przede wszystkim z działalnością górniczą, ale mogą mieć one również pochodzenie naturalne (praktycznie wyłącznie tektoniczne). W Polsce najistotniejszym czynnikiem antropogenicznym indukującym zjawiska sejsmiczne jest górnictwo, a wstrząsy występujące na terenie kraju są zlokalizowane głównie w regionach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW), Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM), Kopalni Węgla Brunatnego (KWB) *Bełchatów* oraz Lubelskiego Zagłębia Węglowego (LZW). Aktywność sejsmiczna związana z działalnością górniczą na terenie Polski została udo-

kumentowana w wielu pracach naukowych, m.in. Gibowicz, Lasocki (2001), Stec (2007) – GZW, Orlecka-Sikora i in. (2009, 2014), Kozłowska (2013) – LGOM, Gibowicz i in. (1981), Wiejacz i Rudziński (2010) – KWB. Naturalne zjawiska sejsmiczne, rejestrowane instrumentalnie na terenie Polski, występują głównie w południowej części kraju w Karpatkach (np. Trojanowski i in., 2015; Guterch, 2015; raporty IGF PAN: Trojanowski i in., 2012; Lizurek i in., 2015; Cichowicz i in., 2018; Staszek i in., 2021; Staszek i in., 2024a; a także Plesiewicz, 2024; Staszek i in., 2024b; Plesiewicz i in., 2025) i w Sudetach (Sýkorová i in., 2022; <https://www.pgi.gov.pl/aktualnosci/display/16069-wstrzas-sejsmiczny-w-masywie-snieznika.html>). Zarejestrowano również pojedyncze zjawiska w centralnej Polsce, w okolicy Jarocina (Lizurek i in., 2013; Trojanowski i in., 2015; Polkowski i in., 2016; [¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Centrum Geozagrożeń, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; \[kamila.karkowska@pgi.gov.pl\]\(mailto:kamila.karkowska@pgi.gov.pl\); \[monika.wilde-piorko@pgi.gov.pl\]\(mailto:monika.wilde-piorko@pgi.gov.pl\); \[miroslaw.musiatewicz@pgi.gov.pl\]\(mailto:miroslaw.musiatewicz@pgi.gov.pl\); \[kaj.michalowski@pgi.gov.pl\]\(mailto:kaj.michalowski@pgi.gov.pl\); \[martyna.kozielowicz@pgi.gov.pl\]\(mailto:martyna.kozielowicz@pgi.gov.pl\); ORCID ID: K. Karkowska – 0000-0001-7039-7718, M. Wilde-Piórko – 0000-0001-7347-4766, M. Musiatewicz – 0000-0002-6707-793X, K. Michałowski – 0009-0001-5658-0855](https://www.pgi.gov.pl/aktualno-</p></div><div data-bbox=)

² Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski, al. Jaworowa 19, 53-122 Wrocław; bartlomiej.grochmal@pgi.gov.pl; marcin.olkowicz@pgi.gov.pl; marcin.dabrowski@pgi.gov.pl; ORCID ID: M. Dąbrowski – 0000-0003-0309-8050, M. Olkowicz – 0000-0002-5841-413X

³ Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk, ul. Księcia Janusza 64, 01-452 Warszawa; bples@igf.edu.pl; mstaszek@igf.edu.pl; ORCID ID: B. Plesiewicz – 0009-0000-7697-4424, M. Staszek – 0000-0001-7473-6895

sci/display/16118-wstrzas-sejsmiczny-w-regionie-jarocina.html), pomimo braku opisanej aktywności historycznej w tym regionie. Ponadto na terytorium Polski odczuwalne były również zjawiska, których epicentra leżały poza granicami kraju, jak np. trzęsienie ziemi w obwodzie królewieckim w 2004 r. (Wiejacz, Dębski, 2006; Zembaty i in., 2007) czy zjawisko w Słowacji w 2023 r. (Wojciechowski i in., 2024b; Lizurek i in., 2026).

Monitorowanie aktywności sejsmicznej, jako zadanie PSG, jest prowadzone przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB) na terenie kraju w ramach projektu *Monitoring geodynamiczny Polski* (MGP), którego pierwszy etap rozpoczął się w 2013 r., a od stycznia 2025 r. jest realizowany jego piąty etap. Nadzrędnym celem zadania jest monitoring zdarzeń sejsmicznych (zarówno antropogenicznych, jak i naturalnych) na terytorium Polski oraz w strefach przygranicznych.

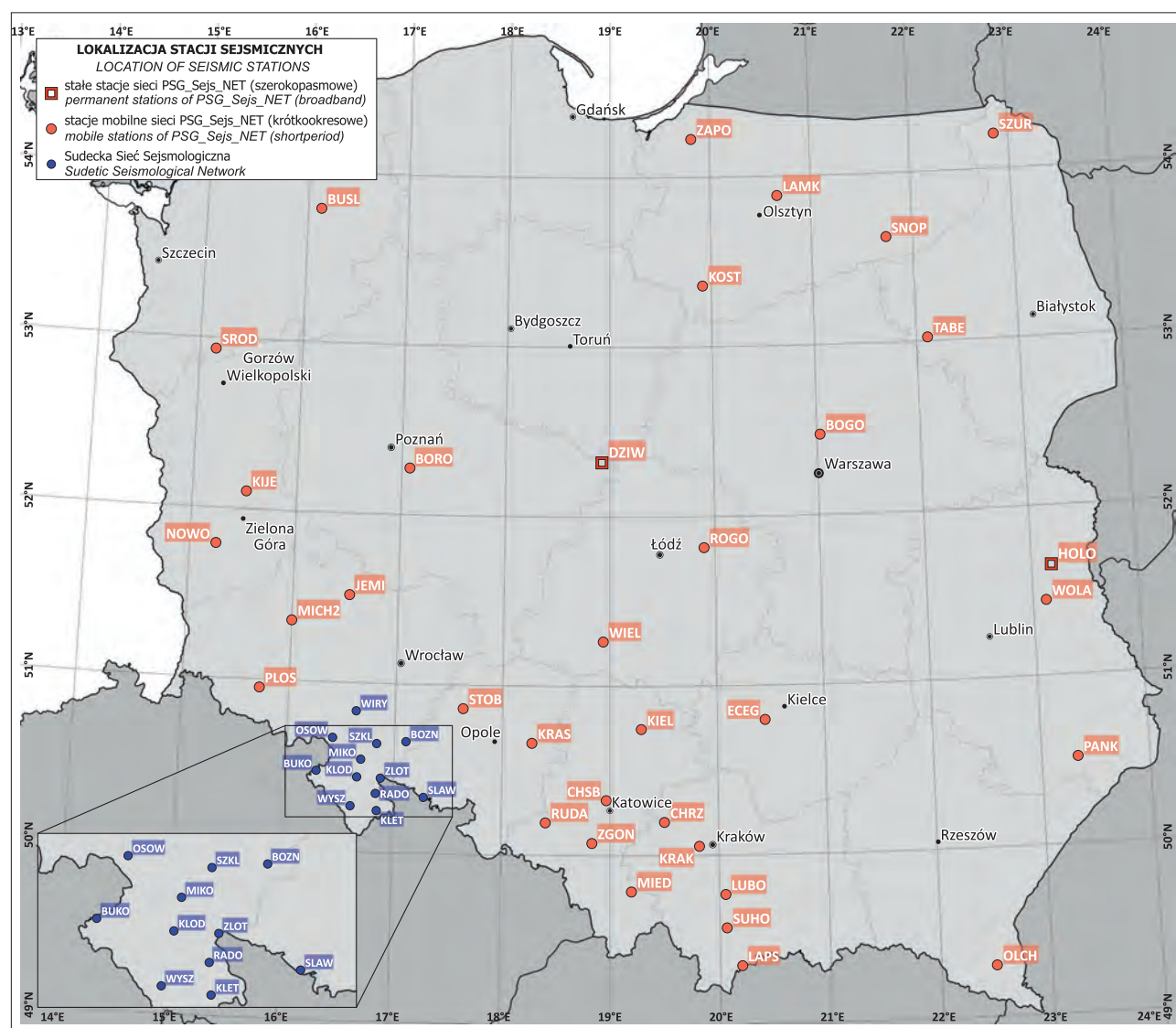
Celem niniejszej publikacji jest zwiększenie świadomości czytelników o występowaniu, skali i naturze zjawisk sejsmicznych i geodynamicznych występujących w kraju, sposobach ich monitorowania przez PSG oraz podsumo-

wanie ponad dekady funkcjonowania projektu MGP, ze szczególnym uwzględnieniem etapu IV (MGP-IV, 2022–2024) oraz obecnie realizowanego etapu V (MGP-V, 2025–2027). W ramach opracowania zostanie zaprezentowana infrastruktura badawcza i jej rozwój w trakcie realizacji projektu, a także przedstawiona metodyka prowadzonego monitoringu sejsmologicznego (m.in. system automatycznej detekcji oraz manualna weryfikacja parametrów wstrząsów sejsmicznych).

SIEĆ STACJI SEJSMICZNYCH PSG_Sejs_NET

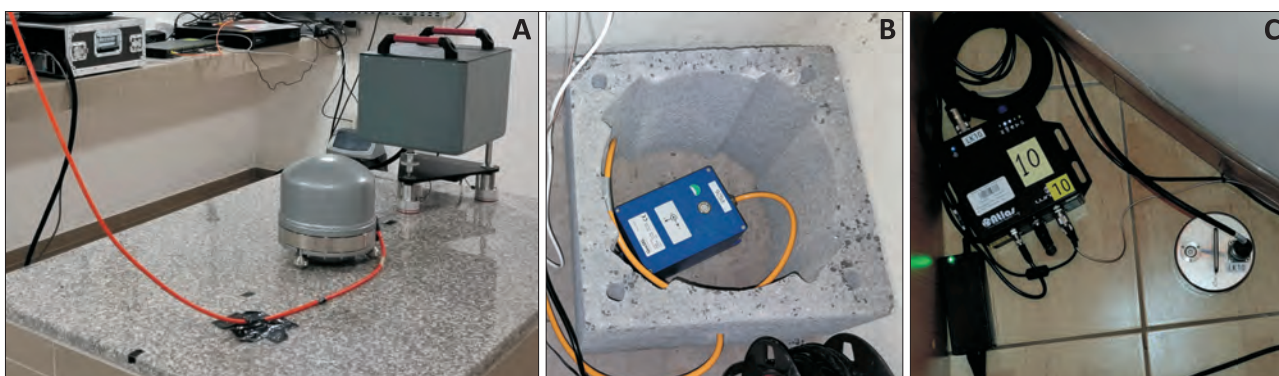
W ramach projektu MGP utrzymywana i rozwijana jest sieć sejsmologiczna państwowej służby geologicznej PSG_Sejs_NET, która stanowi fundament systemu monitorowania aktywności sejsmicznej w Polsce. Zgodnie z założeniami projektu sieć docelowo będzie się składać z 50 stacji rozmieszczonych na terenie całego kraju, z większym ich zagęszczeniem na obszarach występowania dotychczas rejestrowanych instrumentalnie wstrząsów sejsmicznych.

Na koniec 2025 r. sieć PSG_Sejs_NET składała się z 35 stacji sejsmicznych (ryc. 1). Wśród nich są 33 stacje mobilne,



Ryc. 1. Lokalizacja stacji sejsmicznych sieci PSG_Sejs_NET (zaznaczone kolorem czerwonym) oraz Sudeckiej Sieci Sejsmologicznej S9 (zaznaczone kolorem niebieskim), stan na 31.12.2025 r.

Fig. 1. Location of seismic stations of PSG_Sejs_NET network (marked by red) and Sudetic Seismological Network S9 (marked by blue) as of 31.12.2025



Ryc. 2. Zdjęcia stacji sejsmicznych: **A** – sejsmometr szerokopasmowy STS-2.5 na stacji monitoringu geodynamicznego w Hołownie (HOLO); **B** – sejsmometr VE-53-BB na stacji w Rudzie Kozielskiej (RUDA); **C** – sejsmometr Tellus-1s na stacji na górze Suhora (SUHO) wraz z rejestratorem. Fot. K. Karkowska

Fig. 2. Photos of seismic stations: **A** – STS-2.5 broadband seismometer at the geodynamic monitoring station in Hołowno (HOLO); **B** – VE-53-BB seismometer at the station in Ruda Kozielska (RUDA); **C** – Tellus-1s seismometer with a recorder at the station on Suhora (SUHO). Photos by K. Karkowska



Ryc. 3. Laboratorium pomiarowe na stacji monitoringu geodynamicznego w Dziwiu. Fot. M. Musiatewicz
Fig. 3. Measurement laboratory at the geodynamic monitoring station in Dziwie. Photo by M. Musiatewicz

wykorzystujące sejsmometry krótkookresowe i 2 stacje szerokopasmowe, zainstalowane w stałych, terenowych laboratoriach geodynamicznych PSG w Dziwiu (DZIW, woj. wielkopolskie, pow. kolski) oraz w Hołownie (HOLO, woj. lubelskie, pow. parczewski). Stacje stałe są wyposażone w sejsmometry szerokopasmowe model STS-2.5 (prod. Streckeisen), które są ustawione na słupach pomiarowych (ryc. 2A) wewnątrz specjalnie wybudowanych laboratoriów pomiarowych (ryc. 3) i służą do rejestrowania zjawisk sejsmicznych z całego świata. Na stacjach mobilnych są wykorzystywane sejsmometry krótkookresowe model VE-53-BB (prod. GeoSIG, ryc. 2B), oraz model Tellus-1s (prod. LUNITEK, ryc. 2C), których zakres częstotliwości jest dostosowany jest do monitorowania zjawisk lokalnych i regionalnych. W przypadku stacji mobilnych aparatura jest instalowana w istniejących obiektach PIG-PIB oraz innych instytucji i podmiotów na mocy umów dzierżawy, najmu, użyczenia oraz porozumień o współpracy.

MONITORING ZMIAN POLA MAGNETYCZNEGO, GRAWITACYJNEGO I PRZESUNIĘĆ SKORUPY ZIEMSKIEJ

Oprócz badania aktywności sejsmicznej na terenie Polski i obszarów przygranicznych, co stanowi podstawę zadania MGP, są również wykonywane inne pomiary ciągłe i okresowe. W laboratoriach geodynamicznych PSG zlokalizo-

wanych w miejscowościach Dziwie (DZIW, ryc. 1) oraz Hołowno (HOLO, ryc. 1) są prowadzone ciągłe pomiary magnetyczne, polegające na rejestracji wariacji pola geomagnetycznego (całkowitego modułu wektora indukcji ziemskiego pola magnetycznego), przy użyciu magnetometrów protonowych. Ponadto w obu lokalizacjach zostały zainstalowane stacje GNSS stanowiące własność Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii (GUGiK) na mocy porozumienia pomiędzy PIG-PIB a GUGiK, co pozwala na monitoring przesunięć skorupy ziemskiej.

Na obu stacjach są również okresowo wykonywane (standardowo dwa razy w roku) absolutne pomiary grawimetryczne w celu określenia wartości absolutnej przyspieszenia pola siły ciężkości. Na początkowych etapach (2017–2022) prace te realizowano we współpracy z Politechniką Warszawską, a od 2023 r. pomiary są kontynuowane we współpracy z Instytutem Geodezji i Kartografii (IGiK). Dane te pozwalają na ocenę zmienności pola siły ciężkości w długiej perspektywie czasowej. W styczniu 2020 r. w laboratorium w Hołownie został uruchomiony ciągły monitoring grawimetryczny przy użyciu grawimetru pływowego gPhoneX.

SUDECKI POLIGON GEODYNAMICZNY

W latach 2022–2024 rozpoczęły się szczegółowe badania geodynamiczne na obszarze południowo-zachodniej Polski. Sudecki Poligon Geodynamiczny (SPG) to nowy,

pilotażowy element powyższych badań, łączący obserwacje w skali lokalnej i regionalnej, wprowadzony w ramach IV etapu projektu MGP (2022–2024), a jego głównym celem jest rozpoznanie współczesnej naturalnej sejsmiczności i aktywności tektonicznej w tym regionie.

Jednym z głównych elementów SPG jest Sudecka Sieć Sejsmologiczna (S9), czyli nowo utworzona sieć składająca się obecnie z 12 stacji sejsmicznych, które zostały zainstalowane w rejonie Ziemi Kłodzkiej i jej otoczenia (ryc. 1). Ta mezoskalowa sieć sejsmologiczna, skonfigurowana pod kątem rejestracji zjawisk mikrosejsmicznych, pozwoli na określenie statystycznego charakteru naturalnej sejsmiczności w regionie, rozpoznanie sejsmogenicznych uskoków oraz docelowo opracowanie nowoczesnego modelu hazardu sejsmicznego dla obszaru sudeckiego. Planowane analizy mechanizmu ognisk wstrząsów przyczynią się do lepszego rozpoznania stanu naprężeń w górotworze na obszarze południowo-zachodniej Polski. Ponadto w rejonie Masywu Śnieżnika wybudowano infrastrukturę wspomagającą analizy deformacji powierzchni terenu z zastosowaniem satelitarnej interferometrii radarowej InSAR. Ta pilotażowa sieć pomiarowa składa się z 6 reflektorów InSAR, których stabilność jest monitorowana z użyciem wysoko-czułych pochyłomierzy. Reflektory InSAR stanowią też dogodnie stanowiska dla epokowych pomiarów GNSS. Pozwoli to, w dłuższym horyzoncie czasowym, na precyzyjne monitorowanie deformacji powierzchni terenu na tle przebiegu potencjalnie aktywnych uskoków w rejonie Masywu Śnieżnika. Badania powierzchniowe na tym lokalnym poligonie badawczym (Śnieżnicki Poligon Geodynamiczny) uzupełniają monitoring ekstensometryczno-inklinometryczny w Jaskini Niedźwiedziej w Kletnie, w której zainstalowano specjalistyczne szczelinomierze TM-72 do monitorowania ruchów górotworu. Urządzenia te umieszczono na dwóch stanowiskach: Wielka Szczelina (NIE1) oraz Korytarz Wichrowy (NIE2). Prowadzone są również terenowe badania neotektoniczne w rejonie kluczowych struktur uskokowych, takich jak np. uskok sudecki brzeżny (USB) oraz uskok Wilkanowa, a także w okolicach Kletna.

ROZWÓJ SIECI PSG_Sejs_NET

Rozwój sieci PSG_Sejs_NET przebiegał etapowo, systematycznie zwiększono liczbę punktów pomiarowych. W trakcie trwania I etapu projektu (*Permanently monitoring geodynamiczny Polski*, 2013–2016) zakupiono pierwszych 10 stacji sejsmicznych krótkookresowych oraz 2 stacje szerokopasmowe. W toku realizacji przedsięwzięcia *Monitoring geodynamiczny Polski – etap III* nabyto kolejnych 10 stacji sejsmicznych, a dodatkowo, dzięki dotacji celowej, zakupiono dodatkowych 12 stacji sejsmicznych w celu poprawy geometrii sieci. W ramach dalszej rozbudowy w ramach projektu *Monitoring geodynamiczny Polski – etap IV* zakupiono kolejnych 10 stacji sejsmicznych. Obecnie sieć PSG_Sejs_NET składa się z 35 stacji sejsmicznych, a pozostałe 9 zostanie zainstalowane w latach 2026–2027, celem dalszego zagęszczania sieci, tak aby zapewnić maksymalną skuteczność detekcji zjawisk na obszarze całego kraju oraz w strefach przygranicznych.

W latach 2013–2024 w systemie monitoringu aktywności sejsmicznej na obszarze Polski wykorzystywano infrastrukturę własną PIG-PIB (sieć PSG_Sejs_NET) oraz infrastrukturę Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk (IGF PAN), tj. wybrane stacje sieci założonej w ramach

projektu *Monitoring Zagrożenia Sejsmicznego Obszaru Polski* realizowanego przez IGF PAN na podstawie umowy nr 445/2007/Wn-07/FG-bp-tx/D zawartej z Ministrem Środowiska oraz Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w latach 2008–2012 (Trojanowski i in., 2012, 2015) oraz sieć PLSN na mocy umów dotyczących udostępniania danych ze stacji sejsmicznych (Staszek i in., 2024b). Od początku 2025 r. sieci sejsmiczne PIG-PIB oraz IGF PAN prowadzą rejestracje niezależnie.

MONITORING AKTYWNOŚCI SEJSMICZNEJ NA OBSZARZE KRAJU

Analiza zjawisk sejsmicznych w ramach projektu jest wieloetapowym procesem łączącym automatyczną detekcję i manualną weryfikację, a następnie analizę statystyczną oraz systematyczne raportowanie. Dane sejsmiczne ze wszystkich stacji sieci PSG_Sejs_NET oraz sieci udostępnionych na mocy umów lub sieci o otwartym dostępie są na bieżąco gromadzone i analizowane. Specjalistyczne oprogramowanie SeisComp6 (<https://www.seiscomp.de/doc/>) służy do archiwizacji, przetwarzania i interaktywnej analizy danych. System wstępnej automatycznej detekcji i lokalizacji zdarzeń wraz z systemem alarmowania działa w sposób ciągły i jest oparty na dwóch najważniejszych modułach: 1) *scautopick* – służący do detekcji faz i ich pikowania poprzez wyszukiwanie anomalii przebiegu w składowej Z, w celu wykrywania skoków fazy i ich amplitud; wstępna detekcja jest oparta na algorytmie STA/LTA (Allen, 1978), a następnie poprawiana na podstawie AIC picker (Maeda, 1985; Zhang i in., 2003); 2) *scautoloc* – służący do automatycznego lokalizowania zjawisk sejsmicznych w czasie prawie rzeczywistym; wstępna lokalizacja odbywa się za pomocą przeszukiwania przestrzeni parametrów wstrząsu (*grid search*; np. Sambridge i Kennett, 1986), a następnie jest poprawiana za pomocą algorytmu LOCSAT (Bratt, Nagy, 1991). Od 2022 r. (MGP-IV) wszystkie zjawiska wykryte automatycznie są ponownie opracowywane przez zespół sejsmologów w PIG-PIB poprzez ręczne oznaczenie faz oraz wyznaczania parametrów ogniska w programie SWIP5 (Wiszniewski i in., 2021). Pozwala to na poprawienie precyzji wyznaczania parametrów każdego zjawiska, tj. czasu jego wystąpienia, współrzędnych epicentrum, głębokości hipocentrum oraz magnitudy wstrząsu.

W latach 2013–2024 do monitoringu aktywności sejsmicznej na obszarze kraju wykorzystywano dane ze stacji sieci PSG_Sejs_NET, stacji IGF PAN w ramach umów pomiędzy PIG-PIB a IGF PAN oraz pomocniczo ze stacji Polskiej Sieci Sejsmologicznej PLSN (Instytut Geofizyki PAN, 1990; Rudziński i in., 2021; raporty IGF PAN: Lizurek i in., 2015; Cichowicz i in., 2018; Staszek i in., 2021, 2024a). Od stycznia 2025 r., czyli od rozpoczęcia projektu *Monitoring Geodynamiczny Polski – etap V*, oprócz stacji sieci PSG_Sejs_NET do rutynowych opracowań włączono dane z Sudeckiej Sieci Sejsmologicznej (utworzonej w ramach projektu MGP-IV) oraz dane o otwartym dostępie z PLSN i wybranych stacji: Czeskiej Regionalnej Sieci Sejsmologicznej CRSN (Charles University in Prague, Institute of Geonics i in., 1973), Niemieckiej Regionalnej Sieci Sejsmologicznej GRSN (Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, 1976), GEOFON (GEOFON Data Centre, 1993), Słowackiej Narodowej Sieci Sejsmologicznej (ESI SAS, 2004) oraz z sieci MORavia NETWORK MONET (Institute of Physics of the Earth Masaryk University Brno (IPE), 2017). Aktualna mapa stacji wykorzystywanych w systemie

monitoringu aktywności sejsmicznej prowadzonym przez PIG-PIB znajduje się pod adresem: <https://www.pgi.gov.pl/mogepl-home/monitoring-geodynamiczny/stacje-monitoringu/9701-wykaz-stacji-monitoringu.html>

CHARAKTERYSTYKA ZJAWISK SEJSMICZNYCH ZAREJESTROWANYCH NA TERENIE POLSKI I W REGIONACH PRZYGRANICZNYCH W OKRESIE 2022–2025

Większość zjawisk sejsmicznych rejestrowanych na obszarze Polski występuje w obszarach działalności górniczej, głównie w rejonach GZW, LGOM, KWB *Belchatów* oraz LZW i ma pochodzenie antropogeniczne. Regiony te są szczegółowo monitorowane również przez lokalne sieci sejsmologiczne (IS EPOS, 2017a, b, 2019), z których dane

są dostępne na platformie EPISODES (Leptokarpoulos i in., 2019; Orlecka-Sikora i in., 2020). Regiony, w których występują tektoniczne zjawiska sejsmiczne, to przede wszystkim południowa część Polski (Karpaty oraz Sudety). Naturalna aktywność sejsmiczna na terenie Polski zarówno w ujęciu historycznym, jak i w czasach obecnych została podsumowana przez Guterch (2015) i Plesiewicz (2024) za okres 1496–2013. Staszek i in. (2024b) oraz Plesiewicz i in. (2025) przedstawili katalog zjawisk naturalnych, które wystąpiły w latach 2013–2023. Zjawiska zarejestrowane w systemie monitoringu aktywności sejsmicznej prowadzonym przez PIG-PIB w latach 2022–2025 wraz z terenami górniczymi zostały przedstawione na rycinie 4. Roczne zestawienia zjawisk sejsmicznych z obszaru kraju są publikowane na łamach *Przeglądu Geologicznego* w artykułach omawiających zagrożenia geologiczne w danym



Ryc. 4. Lokalizacja zjawisk sejsmicznych zarejestrowanych w systemie monitoringu aktywności sejsmicznej prowadzonym przez PIG-PIB na obszarze kraju i w regionach przygranicznych w latach 2022–2025

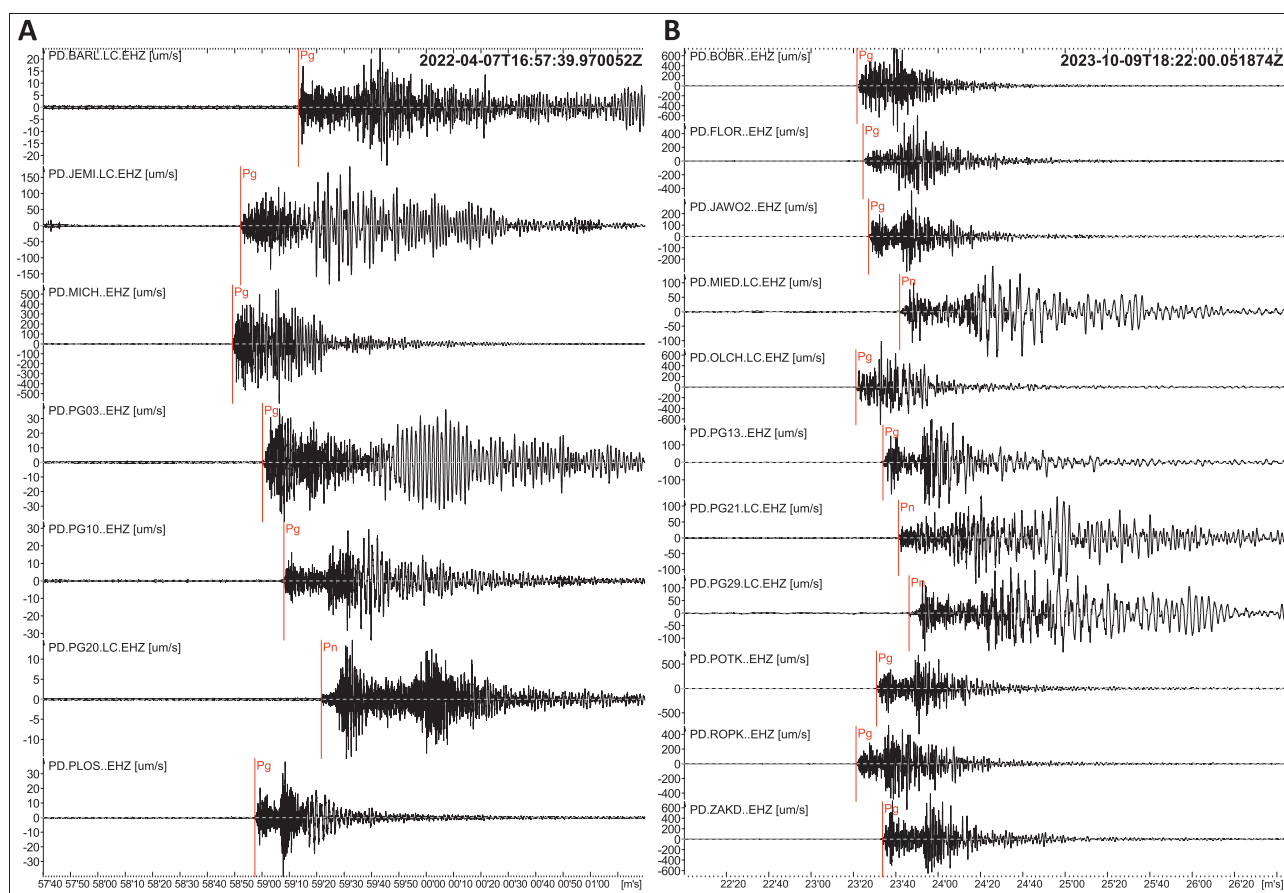
Fig. 4. Locations of seismic events recorded in the seismic activity monitoring system operated by the PGI-NRI in Poland and neighboring regions in 2022–2025

roku (np. Wojciechowski i in., 2024a, b). Ponadto na stronie projektu MGP publikowane są zestawienia miesięczne zjawisk (<https://www.pgi.gov.pl/mogepl-home/raporty-komunikaty/raporty.html>) oraz komunikaty o najsilniejszych zjawiskach na obszarze kraju i na świecie (<https://www.pgi.gov.pl/mogepl-home/raporty-komunikaty/komunikaty-mogepl.html>).

W okresie 2022–2025 najsilniejsze zjawisko sejsmiczne zarejestrowane na obszarze kraju wystąpiło 7 kwietnia 2022 r. w rejonie LGOM (ryc. 5a), a jego magnituda określona na podstawie danych z sieci PSG_Sejs_NET wynosiła 4.7. Natomiast najsilniejszym zjawiskiem spoza obszaru Polski, jednak odczuty przez mieszkańców południowo-wschodniej części Polski (od Katowic po Rzeszów), było trzęsienie ziemi, które miało miejsce na terytorium Słowacji 9 października 2023 r. (ryc. 5b). Na podstawie danych z sieci PSG_Sejs_NET jego magnitudę wyznaczono na 5.1. Porównanie parametrów tego trzęsienia ziemi

wyznaczonych przez różne źródła (Wojciechowski i in., 2024b; Lizurek i in. 2026; https://www.seismology.sk/Seismo_Reports/reports_A.php) zaprezentowano w tabeli 1.

Większość zjawisk rejestrowanych na terenie Polski i w obszarach przygranicznych pozostaje nieodczuwalna dla mieszkańców. W latach 2022–2025 w systemie monitoringu aktywności sejsmicznej prowadzonym przez PIG-PIB zarejestrowano i zaraportowano łącznie 4386 zjawisk sejsmicznych, z których jedynie ok. 14% mogło być odczuwalne dla ludzi, zakładając próg odczuwalności na poziomie magnitudy 2.5 (tab. 2). Od kwietnia 2023 r. na stronie projektu jest dostępna uproszczona ankieta oparta na europejskiej skali makrosejsmicznej EMS-98 (<https://www.pgi.gov.pl/mogepl-home/zaraportuj-wstrzas.html>; Grünthal, 1998). W okresie 2022–2025 PSG otrzymała ponad 2600 zgłoszeń od mieszkańców, które dotyczą przede wszystkim wstrząsów z regionu GZW. Informacje przekazywane przez mieszkańców są szczególnie istotne przy weryfikacji



Ryc. 5. Zapisy zjawisk sejsmicznych (składowe pionowe) zarejestrowane przez wybrane stacje sejsmiczne PSG_Sejs_NET: **A** – z dn. 7.04.2022 r. o godzinie 16:58:47 UTC o magnitudzie M4.7 z regionu LGOM; **B** – z dn. 9.10.2023 r. o godz. 18:23:10 UTC o magnitudzie M5.1 z terytorium Słowacji

Fig. 5. The seismograms (vertical component) of events recorded by the selected seismic stations of PSG_Sejs_NET: **A** – 7.04.2022 16:58:47 UTC (M4.7) in the LGCD region; **B** – 9.10.2023 18:23:10 UTC (M5.1) in Slovakia

Tab. 1. Parametry trzęsienia ziemi z dnia 9 października 2023 r. o godz. 18:23:10 UTC, które wystąpiło na terenie Słowacji
Table 1. Parameters of the 9-Oct-2023 18:23:10 UTC earthquake in Slovakia

| Szerokość geograficzna <i>Latitude</i> [°] | Długość geograficzna <i>Longitude</i> [°] | Głębokość <i>Depth</i> [km] | Magnituda <i>Magnitude</i> | Źródło opracowania <i>Source</i> |
|---|--|--------------------------------|-------------------------------|---|
| 49,00 N | 21,72 E | 18,0 | 5.1 | Wojciechowski i in., 2024b (PSG_Sejs_NET) |
| 49,00 N | 21,74 E | 12,5 | 4.9 | Lizurek i in., 2026 |
| 49,08 N | 21,76 E | 17,8 | 4.9 | https://www.seismology.sk/Seismo_Reports/reports_A.php |

Tab. 2. Statystyka zjawisk sejsmicznych zarejestrowanych w systemie monitoringu aktywności sejsmicznej prowadzonym przez PIG-PIB na obszarze kraju i w regionach przygranicznych w latach 2022–2025

Table 2. Statistics of seismic events recorded by the seismic activity monitoring system operated by the PGI-NRI in Poland and border regions in 2022–2025

| Magnituda Magnitude | | Liczba zdarzeń Number of events | % |
|------------------------|--------------------|---------------------------------------|-------|
| > | ≤ | | |
| 0.0 | 2.5 | 3784 | 86,3 |
| 2.5 | 3.0 | 471 | 10,7 |
| 3.0 | 3.5 | 99 | 2,3 |
| 3.5 | 4.0 | 26 | 0,6 |
| 4.0 | 4.5 | 3 | 0,1 |
| M > 4.5 | | 3 | 0,1 |
| Razem Total | | 4386 | 100,0 |
| W tym: Including: | M ≤ 2.5 | 3784 | 86,3 |
| | M > 2.5 | 602 | 13,7 |
| | M _{min.} | 0.5 | |
| | M _{gr.} | 2.0 | |
| | M _{maks.} | 5.1 | |

zasięgu odczuwalności silniejszych wstrząsów, takich jak trzęsienie ziemi na Słowacji w październiku 2023 r., które poczuli mieszkańcy w południowo-wschodniej Polsce.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wieloletnia realizacja projektu *Monitoring geodynamiczny Polski* jest związana z wypełnieniem zadania państwowej służby geologicznej. Państwowy Instytut Geologiczny – PIB aktywnie włączył się w krajowy system monitorowania zagrożeń na potrzeby zarządzania kryzysowego, skutecznie realizując ustawowy obowiązek rozpoznawania i monitorowania zagrożeń geologicznych wynikających z ustawy *Prawo geologiczne i górnicze*. W ciągu ostatnich 13 lat (2013–2025) utworzono i utrzymywano, a także rozwijano i optymalizowano sieć obserwacyjną PSG_Sejs_NET, dzięki której jest możliwe rejestrowanie zjawisk sejsmicznych z Polski i obszarów przygranicznych. Ważnym elementem początkowej fazy monitorowania aktywności sejsmicznej była współpraca z Instytutem Geofizyki PAN (w latach 2013–2024), która obejmowała udostępnianie do systemu danych z 18–23 stacji sejsmicznych, opracowanie i optymalizację systemu alertowania działającego w czasie rzeczywistym w oprogramowaniu SeisComp3 oraz nadzór merytoryczny w zakresie monitorowania sejsmiczności naturalnej Polski. Analiza danych zarejestrowanych w systemie monitoringu aktywności sejsmicznej prowadzonym przez PIG-PIB potwierdza, że sejsmiczność Polski jest zdominowana przez zjawiska indukowane działalnością górniczą, występujące głównie w rejonach GZW oraz LGOM. Naturalne zjawiska sejsmiczne natury tektonicznej występują znacznie rzadziej, głównie w rejonie Karpat, a w szczególności Podhala oraz w Sudetach.

W następnych latach jest zaplanowany dalszy rozwój i optymalizacja sieci PSG_Sejs_NET. Sieć zostanie rozbudowana o kolejne stacje zlokalizowane na wybrzeżu Bałtyku, w centralnej Polsce oraz w jej południowo-wschodniej części, co pozwoli dodatkowo zwiększyć sku-

teczność systemu monitoringu. Ponadto zaplanowano również dążenie do udostępniania gromadzonych danych w międzynarodowych bazach, co pozwoli rozwijać współpracę międzynarodową.

Utworzenie w ramach projektu MGP-IV sieci pomiarowych w rejonie sudeckim pozwoli w perspektywie kilku lat na przeprowadzenie ilościowych analiz współczesnej aktywności geodynamicznej tego rejonu. Zarejestrowane dane posłużą jako cenny wsad do nowoczesnej analizy hazardu sejsmicznego oraz oceny geozagrożeń związanych ze stanem mechanicznym górotworu na tym obszarze.

Autorzy składają podziękowania Recenzentowi za cenne i konstruktywne uwagi. Praca została wykonana w ramach projektu Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego *Monitoring geodynamiczny Polski – etap V* finansowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (nr umowy 131/2025/Wn07/FG-go-dn/D).

LITERATURA

- ALLEN R.V. 1978 – Automatic earthquake recognition and timing from single traces. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 68: 1521–1532.
- BRATT S.R., NAGY W. 1991 – The LocSAT Program. *Science Applications International Corporation (SAIC)*, San Diego.
- CICHOWICZ A., DRZEWAŁOWSKI A., MICHAŁOWSKI K., OTTO K. 2018 – *Monitoring geodynamiczny Polski – etap II. Raport końcowy „Analiza funkcjonowania sieci stacji PSG_Sejs_Net w tym sieci stacji administrowanych przez IGF PAN i optymalizacja dalszego rozwoju oprogramowania systemu alertowania i sieci obserwacyjnej stan na 28.12.2018 r.”* zrealizowany przez IGF PAN na podstawie umowy nr CRZP-240-36/2018 zawartej z PIG-PIB. Centralne Archiwum Geologiczne Państwowego Instytutu Geologicznego, Warszawa, nr inw. 3545/2019.
- CHARLES University in Prague (Czech), Institute of Geonics, Institute of Geophysics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Institute of Physics of the Earth Masaryk University (Czech), Institute of Rock Structure and Mechanics 1973 – Czech Regional Seismic Network [Data set]. *International Federation of Digital Seismograph Networks*; doi: 10.7914/SN/CZ
- ESI SAS; FORMER GPI SAS (Geophysical Institute of the Slovak Academy of Sciences) 2004 – National Network of Seismic Stations of Slovakia [Data set]. *GFZ Data Services*; doi: 10.14470/FX099882
- FEDERAL Institute for Geosciences and Natural Resources 1976 – German Regional Seismic Network (GRSN). *Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe*; doi: 10.25928/mbx6-hr74
- GEOFON DATA CENTRE, 1993 – GEOFON Seismic Network [Data set]. *GFZ Data Services*; doi: 10.14470/TR560404
- GIBOWICZ S., LASOCKI S. 2001 – Seismicity induced by mining: Ten years later. *Advances in Geophysics*, 4: 39–181.
- GIBOWICZ S., DROSTE Z., GUTERCH B., HORDEJUK J. 1981 – The Belchatów, Poland, earthquakes of 1979 and 1980 induced by surface mining. *Engineering Geology*, 17: 257–271.
- GRÜNTAL G. 1998 – European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98), *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie*, 15; doi: 10.2312/EMS-98.full.en
- GUTERCH B. 2015 – Seismicity in Poland: Updated Seismic Catalog. [W:] *Guterch B., Kozák J. (red.), Studies of Historical Earthquakes in Southern Poland. GeoPlanet: Earth and Planetary Sciences*. Springer, Cham; doi: 10.1007/978-3-319-15446-6_3
<https://www.pgi.gov.pl/aktualnosci/display/16069-wstrzas-sejsmiczny-w-masywie-snieznika.html>
<https://www.pgi.gov.pl/aktualnosci/display/16118-wstrzas-sejsmiczny-w-regionie-jarocina.html>
<https://www.pgi.gov.pl/mogepl-home/monitoring-geodynamiczny/stacje-monitoringu/9701-wykaz-stacji-monitoringu.html>
<https://www.pgi.gov.pl/mogepl-home/raporty-komunikaty/komunikaty-mogepl.html>
<https://www.pgi.gov.pl/mogepl-home/raporty-komunikaty/raporty.html>
<https://www.pgi.gov.pl/mogepl-home/zaraportuj-wstrzas.html>
<https://www.seiscomp.de/doc/>
https://www.seismology.sk/Seismo_Reports/reports_A.php
- INTYTUT GEOFIZYKI PAN 1990 – Polska Sieć Sejsmologiczna [Data set]. *International Federation of Digital Seismograph Networks*; doi: 10.7914/90rh-0q80

- INSTITUTE of Physics of the Earth Masaryk University Brno (IPE) 2017 – MORAVIA NETWORK (MONET) [Data set]. GFZ Data Services; doi:10.14470/Z6115722
- IS EPOS 2017a – Epizod: LGCD; <https://episodesplatform.eu/#episode:LGCD>; doi: 10.25171/InstGeoph_PAS_ISEPOS-2017-006
- IS EPOS 2017b – Epizod: USCB; <https://episodesplatform.eu/#episode:USCB>; doi: 10.25171/InstGeoph_PAS_ISEPOS-2017-007
- IS-EPOS 2019 – Epizod: BOGDANKA, <https://episodesplatform.eu/#episode:BOGDANKA>, https://doi.org/10.25171/InstGeoph_PAS_ISEPOS-2019-001
- KOZŁOWSKA M. 2013 – Analysis of spatial distribution of mining tremors occurring in Rudna copper mine (Poland). *Acta Geophysica*, 61: 1156–1169; <https://doi.org/10.2478/s11600-013-0137-x>
- LEPTOKAROPOULOS K., CIELESTA S., STASZEK M., OLSZEWSKA D., LIZUREK G., KOCOT J., LASOCKI S., ORELCKA-SIKORAB., STERZEL M., SZEPIENIEC T. 2019 – IS-EPOS: A platform for anthropogenic seismicity research. *Acta Geophysica*, 67 (1): 299–310; doi: <https://doi.org/10.1007/s11600-018-0209-z>
- LIZUREK G., PLESIEWICZ B., WIEJACZ P., WISZNIOWSKI J., TROJANOWSKI J. 2013 – Seismic event near Jarocin (Poland). *Acta Geophysica*, 61 (1): 26–36; doi: 10.2478/s11600-012-0052-6
- LIZUREK G., PLESIEWICZ B., WISZNIOWSKI J., MICHAŁOWSKI K., OTTO K. 2015 – Permanentny monitoring geodynamiczny Polski – etap I. Raport końcowy stan na 30.11.2015, zrealizowany przez IGF PAN na podstawie umowy nr E2-240-67/2013 zawartej z PIG-PIB. Centralne Archiwum Geologiczne Państwowego Instytutu Geologicznego, Warszawa, nr inw. 7790/2017.
- LIZUREK G., WISZNIOWSKI J., ŚRODA P., PLESIEWICZ B., BOCIARSKA M. 2026 – Seismo-tectonic characteristic of M5 seismic event near Humenne (Slovakia) in view of regional and temporary seismic networks. *Acta Geophys.* 74, 10; doi: 10.1007/s11600-025-01731-1
- MAEDA N. 1985 – A method for reading and checking phase times in autoprocesing system of seismic wave data. *Jishin*, 38: 365–379
- ORLECKA-SIKORA B., PAPANIMITRIOU E., KWIATEK G. 2009 – A Study of the Interaction among Mining-Induced Seismic Events in the Legnica-Głogów Copper District, Poland. *Acta Geophysica*, 57 (2): 413–434; <https://doi.org/10.2478/s11600-008-0085-z>
- ORLECKA-SIKORA B., CIESKA S., LASOCKI S., LIZUREK G., WIEJACZ P., RUDZIŃSKI Ł. 2014 – Seismogenesis of exceptional ground motion due to a sequence of mining induced tremors from Legnica-Głogów Copper District in Poland. *Geophysical Journal International*, 198 (1): 40–54; doi: <https://doi.org/10.1093/gji/ggu109>
- ORLECKA-SIKORA B., LASOCKI S., KOCOT J., SZEPIENIEC T., GRASSO J.R., GARCIA-ARISTIZABAL A., SCHAMING M., URBAN P., JONES, G., STIMPSON I., DINEVA S., SAŁEK P., LEPTOKAROPOULOS K., LIZUREK G., OLSZEWSKA D., SCHMITTBUHL J., KWIATEK G., BLANKE A., SACAROTTI G., CHODZIŃSKA K., RUDZIŃSKI Ł., DOBRZYCKA I., MUTKE G., BARAŃSKI A., PIERZYNA A., KOZLOVSKAYA E., NEVALAINEN J., KINSCHER J., SILENY J., STERZEL M., CIELESTA S., FISCHER T. 2020 – An open data infrastructure for the study of anthropogenic hazards linked to georesource exploitation. *Scientific Data*, 7, 89; doi: <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0429-3>
- PLESIEWICZ B. 2024 – Katalog naturalnych trzęsień ziemi w Polsce 1496–2013; doi: https://doi.org/10.25171/InstGeoph_PAS_Catalog_earthquakes_Poland_2024_001; doi: https://doi.org/10.25171/InstGeoph_PAS_Catalog_earthquakes_Poland_2024_002
- PLESIEWICZ B., WISZNIOWSKI J., KARKOWSKA K., KIJKO A. 2025 – Seismic hazard assessment in the Podhale region, Poland – zone and smoothed seismicity approach. *Acta Geophysica*, 73 (3): 2153–2169; doi: 10.1007/s11600-024-01488-z
- POLKOWSKI M., PLESIEWICZ B., WISZNIOWSKI J., WILDEPIÓRKO M., PASSEQ Working Group 2016 – Local Seismic Events in the Area of Poland Based on Data from the PASSEQ 2006–2008 Experiment. *Acta Geophysica*, 64 (6): 2092–2113; doi: 10.1515/acgeo-2016-0091
- RUDZIŃSKI Ł., LASOCKI S., ORLECKA-SIKORA B., WISZNIOWSKI J., OLSZEWSKA D., KOKOWSKI J., MIREK J. 2021 – Integrating Data under the European Plate Observing System from the Regional and Selected Local Seismic Networks in Poland. *Seismological Research Letters*, 92: 1717–1725; doi: 10.1785/0220200354
- SAMBRIDGE M.S., KENNETT B.L.N. 1986 – A novel method of hypocentre location in *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 87 (2): 679–697; doi: 10.1111/j.1365-246X.1986.tb06644.x
- STASZEK M., PLESIEWICZ B., MICHAŁOWSKI K., WYKA D., OTTO K. 2021 – Monitoring geodynamiczny Polski – etap III. Raport końcowy „Analiza funkcjonowania sieci stacji PSG_Sejs_Net w tym sieci stacji administrowanych przez IGF PAN i optymalizacja dalszego rozwoju oprogramowania systemu alertowania i sieci obserwacyjnej stan na 28.12.2021 r.” zrealizowany przez IGF PAN na podstawie umowy nr CRZP/240/969/2019 zawartej z PIG-PIB. Centralne Archiwum Geologiczne Państwowego Instytutu Geologicznego, Warszawa, nr inw. 6635/2025.
- STASZEK M., PLESIEWICZ B., CHMIELEWSKI M., RUDZIŃSKI Ł. 2024a – Monitoring geodynamiczny Polski – etap IV. Raport końcowy „Analiza funkcjonowania sieci stacji PSG_Sejs_Net w tym sieci stacji administrowanych przez IGF PAN i optymalizacja dalszego rozwoju oprogramowania systemu alertowania i sieci obserwacyjnej stan na 27.12.2024 r.” zrealizowany przez IGF PAN na podstawie umowy nr CRZP/26/00591/2022 zawartej z PIG-PIB.
- STASZEK M., PLESIEWICZ B., RUDZIŃSKI Ł., LIZUREK G., CZERWIŃSKI T., MUSIATEWICZ M., KARKOWSKA K., MICHAŁOWSKI K. 2024b – Sejsmiczność naturalna Polski uzupełniona o wyniki projektu Monitoring geodynamiczny Polski. *Przegląd Geologiczny*, 72 (10): 517–531; doi: 10.7306/2024.33
- STEC K. 2007 – Characteristics of seismic activity of the Upper Silesian Coal Basin in Poland. *Geophysical Journal International*, 168 (2): 757–768.
- SÝKOROVÁ Z., PAZDÍRKOVÁ J., ZACHERLE P., SPACEK P., VLACH R. 2022 – Catalogue of natural earthquakes in the NE Czech Republic IPE-MONET; <https://doi.org/10.48790/2D3W-4X62>
- TROJANOWSKI J., PLESIEWICZ B., WISZNIOWSKI J., SUCHCIŃKI J., TOKARZ A. 2012 – Monitoring zagrożenia sejsmicznego obszaru Polski – okres realizacji 2008–2012. Raport końcowy z realizacji projektu „Monitoring Zagrożenia Sejsmicznego Obszaru Polski” zrealizowanego przez IGF PAN na podstawie umowy nr 445/2007/Wn-07/FG-bp-tx/D zawartej z MŚ oraz NFOŚiGW.
- TROJANOWSKI J., PLESIEWICZ B., WISZNIOWSKI J. 2015 – Seismic Monitoring of Poland – Description and Results of Temporary Seismic Project with Mobile Seismic Network. *Acta Geophysica*, 63: 17–44; doi: 10.2478/s11600-014-0255-0
- USTAWA, 2011 – Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze. Dz.U. z 2024 r. poz. 1290.
- WIEJACZ P., DEBSKI W. 2006 – The Kaliningrad earthquakes of September 21, 2004. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 3 (2), 7.
- WIEJACZ P., RUDZIŃSKI Ł. 2010 – Seismic event of January 22, 2010 near Bełchatów, Poland. *Acta Geophysica*. 58 (6): 988–994.
- WISZNIOWSKI J., PLESIEWICZ B., HOLECZEK G. 2021 – Zastosowanie oprogramowania SWIP5 do analizy zagrożenia sejsmicznego w kopalniach. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, 321: 2–6
- WOJCIECHOWSKI T., LASKOWICZ I., KOS J., MARCINIEC P., UŚCINOWICZ G., KARKOWSKA K., PRZYŁUCKA M., WÓDKA M., KAMIENIARZ S. 2024a – Zagrożenia geologiczne w Polsce w 2022 r. *Przegląd Geologiczny*, 72 (9): 439–450; doi: 10.7306/2024.25
- WOJCIECHOWSKI T., WÓDKA M., KAMIENIARZ S., KOS J., KARKOWSKA K., LASKOWICZ I., MARCINIEC P., WARMUZ B., UŚCINOWICZ G., PRZYŁUCKA M. 2024b – Zagrożenia geologiczne w Polsce w 2023 r. *Przegląd Geologiczny*, 72 (12/1): 671–684; doi: 10.7306/2024.51
- ZEMBATY Z., JANKOWSKI R., CHOLEWICKI A., SZULC J. 2007 – Trzęsienia ziemi w Polsce w roku 2004. *Czasopismo Techniczne*, 104: 115–126.
- ZHANG H., THURBER C., ROWE C. 2003 – Automatic P-wave arrival detection and picking with multiscale wavelet analysis for single-component recordings. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 93 (5): 1904–1912.

Praca wpłynęła do redakcji 30.01.2026 r.

Akceptowano do druku 26.02.2026 r.