



Zagrożenia geologiczne w Polsce w 2023 r.

Tomasz Wojciechowski¹, Marcin Wódka¹, Sylwester Kamieniarz¹, Jarosław Kos¹,
Kamila Karkowska², Izabela Laskowicz³, Paweł Marciniak¹, Bartłomiej Warmuz¹,
Grzegorz Uścińowicz⁴, Maria Przyłucka²



T. Wojciechowski

M. Wódka

S. Kamieniarz

J. Kos

K. Karkowska

I. Laskowicz

P. Marciniak



B. Warmuz

G. Uścińowicz

M. Przyłucka

Geohazards in Poland in 2023. Prz. Geol., 72: 671–684; doi:10.7306/2024.51

A b s t r a c t. In 2023, natural events and geohazards have gained particular importance. A natural earthquake in eastern Slovakia with a magnitude of 5.0, felt in southeastern Poland, and numerous sinkholes in the Trzebinia region have generated wide media and public interest, emphasizing the need for awareness and management of geological risk. The aim of this article is to present the main geohazards recorded in Poland in 2023 and to raise public awareness of this issue. Analyses and fieldwork in the Trzebinia region have shown the existence of at least 530 sinkholes in the area of the former Siersza Coal Mine, a significant part of which is related to shallow mining operations. In recent years, especially in the period 2019–2023, the dynamics

of sinkhole formation has increased, which is related to the rising level of underground water. In 2023, the problem of sinkholes also affected other areas of Poland, causing damage to the terrain and material losses for local communities, including in the towns of Bolesław, Nowa Góra and Tarnowskie Góry. In 2023, 709 local seismic events were verified, most of which were induced, related to mining activities. The strongest phenomenon in Poland, with a magnitude of 4.2, occurred on July 6, 2023 in LGOM, while on October 9, 2023, a natural earthquake occurred in Slovakia, which was felt by residents of Poland – from Katowice to Rzeszów. In 2023, 16 landslide triggers were recorded, four of which were recognized as new forms. Damage to roads, infrastructure and buildings due to mass movement activity was recorded, among others, in Pruchnik, Kasina Wielka, in the commune of Bochnia, Biskupice and Wieliczka. In 2023, PGI-NRI monitored 74 landslides, including 60 within the SOPO project. In the analysed period, 31 of these landslides were active. The highest dynamics of displacements was recorded in Szymbark-Huciska, where displacements amounted to 328 mm. The year 2023 on the Baltic Sea coast did not stand out significantly in terms of geohazards, but there were incidents related to sea erosion, especially in the second half of December. Strong winds, reaching an average speed of 65 km/h and gusts of up to 115 km/h, led to storms that affected the condition of the coast, especially in Lębork, Wejherowo and Puck.

Keywords: mass movements, landslides, earthquakes, subsidence, SAR interferometry, sinkholes

Na podstawie ustawy *Prawo geologiczne i górnicze* (Ustawa, 2011) jednym z podstawowych zadań państwa w zakresie geologii, wykonywanych przez państwową służbę geologiczną (PSG) jest, zgodnie art. 162.1 tej ustawy, rozpoznawanie i monitorowanie zagrożeń geologicznych. Rolę PSG pełni Państwowy Instytut Geologicz-

ny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB), który realizuje szereg projektów mających na celu wypełnienie ustawowego obowiązku. W 2023 r. były to m.in. *System Osłony Przeciwosuwiskowej* (SOPO), *Monitoring geodynamiczny Polski* (MGP), *Interferometryczny monitoring powierzchni terenu Polski* (InMoTeP) prowadzone przez

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Centrum Geozagrożeń, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków; [tvoj@pgi.gov.pl](mailto:twoj@pgi.gov.pl); ORCID ID: T. Wojciechowski – 0000-0001-5858-0026, M. Wódka – 0000-0003-1591-3980, S. Kamieniarz – 0000-0002-8662-0491, J. Kos – 0000-0002-8971-6237, B. Warmuz – 0000-0001-9553-925X, P. Marciniak – 000-0002-1706-2609.

² Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Centrum Geozagrożeń, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; kkar@pgi.gov.pl; ORCID ID: K. Karkowska – 000-0001-7039-7718, M. Przyłucka – 0000-0002-2998-6008.

³ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków; ilas@pgi.gov.pl; ORCID ID: 000-0002-8454-9855.

⁴ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza, ul. Kościarska 5, 80-328 Gdańsk; gusc@pgi.gov.pl; ORCID ID: 000-0001-5185-4979.

Centrum Geozagrożeń w PIG-PIB, a także kierowany przez Oddział Geologii Morza PIG-PIB projekt *Kartografia 4D w strefie brzegowej południowego Bałtyku*. W przypadkach pojawiających się problemach związanych z zagrożeniami geologicznymi, jeśli te nie mieściły się w zakresie ww. projektów, badania prowadzono również w ramach zadań pn. *Prowadzenie działań przez państwową służbę geologiczną w związku z wystąpieniem geologicznych zdarzeń incydentalnych, awarii lub katastrof naturalnych (prace interwencyjne) oraz Wsparcie działań Ministra właściwego ds. środowiska oraz innych organów administracji państwowej w postaci: ekspertyz, opinii, analiz, raportów, recenzji, prezentacji i innych w zakresie geologii*. Wyniki prac z wszystkich tych projektów dają poglądowy obraz sytuacji związanej z zagrożeniami geologicznymi na terenie całego obszaru Polski jaka miała miejsce w 2023 r.

Biorąc pod uwagę problemy osuwiskowe i zagadnienia dotyczące strefy brzegowej Bałtyku, 2023 r. nie odbiegał od normy obserwowanej w poprzednich latach (Wojciechowski i in., 2021, 2022, 2024). W Polsce pojawiały się nowe osuwiska, uaktywniały się formy starsze, osuwiskowe rozpoznanie kraju realizowano zgodnie z przyjętymi harmonogramami. Podobnie sprawa wyglądała w przypadku strefy brzegowej Bałtyku, gdzie jak co roku były obserwowane procesy erozyjne. Uwzględniając jednak wszystkie zagrożenia geologiczne występujące w Polsce, to analizowany rok był jednak szczególny. We wschodniej Słowacji, tuż przy granicy z Polską, 9 października 2023 r. miało miejsce naturalne trzęsienie ziemi o magnitudzie 5.0, które było odczuwalne w województwach podkarpackim, małopolskim, a nawet śląskim. Trzęsienie to na tyle zaniepokoiło mieszkańców, że zwołano wojewódzkie wydziały i centra odpowiedzialne za zarządzanie kryzysowe. Był to rok szczególnie przede wszystkim ze względu na pojawiające się wręcz na masową skalę zapadliska w rejonie Trzebini. Z każdym niemal dniem z użytkowania wyłączano kolejne obszary z powodu zagrożenia dla życia i mienia mieszkańców. Problem tych zapadlisk był też bardzo medialny, co podnosiło świadomość społeczeństwa o zapadliskach w całej Polsce.

Zadaniem niniejszego artykułu jest poglądowe przedstawienie problemów dotyczących zagrożeń geologicznych w Polsce, jakie odnotowano w 2023 r. Jego celem jest natomiast podnoszenie świadomości społecznej o geozagrożeniach.

ZAPADLISKA W TRZEBINI

Rozwój górnictwa w rejonie Trzebini-Sierszy był związany z płytkim zaleganiem węglonośnych utworów karbonu, które występują tu zwykle bezpośrednio pod piaszczystymi utworami czwartorzędu, permskimi zlepieńcami myślachowickimi o łatwo rozsypliwym spoiwie oraz znacznie stabilniejszymi wapieniami i dolomitami triasu i jury. Eksploatacja węgla kamiennego od połowy XIX w. aż do lat 60. XX w. była zwykle prowadzona na głębokości do 100 m p.p.t., a w centralnej części złoża już na głębokościach do 50 m p.p.t. Wydobywanie węgla było możliwe dzięki stałemu odwadnianiu wyrobisk. Koniec eksploatacji w KWK *Siersza* to 1999 r., a jej likwidację zakończono wraz z 2002 r., zasypując wszystkie szyby oraz kończąc odwadnianie kopalni. Decyzję o samozatopieniu kopalni umożliwiła jej całkowite odizolowanie od innych zakładów górniczych. Pełne zatopienie kopalni *Siersza*

przewidywano na ok. 2011 r. (Frolik, 2006). W 2023 r. zwierciadło wód nadal nie zostało odbudowane, ale cały czas zbliżało się do powierzchni, w dużej mierze zalewając płytkie wyrobiska. Spowodowało to istotne zmiany warunków geologiczno-inżynierskich i wzrost zagrożenia zapadliskowego.

Od 2022 r. problem zapadlisk w rejonie Trzebini nasilił się (Wojciechowski i in., 2024; Wódka i in., 2024). W rozpoznaniu problemu było zaangażowanych wiele jednostek, np. Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Główny Instytut Górnictwa oraz Spółka Restrukturyzacji Kopalń S.A., która m.in. zabezpieczała i zasypywała nowopowstałe zapadliska. Na obszarze Trzebini-Sierszy wykonano wiele badań geofizycznych i geologicznych, w tym pomiarów georadarowych i mikrograwimetrycznych oraz prac wiertniczych związanych z rozpoznaniem podłoża i uzdatnianiem gruntów. W lutym 2023 r., w wyniku narad w ramach nadzwyczajnego posiedzenia Zespołu Zarządzania Kryzysowego przy Wojewodzie Małopolskim, do prac związanych z zapadliskami w Trzebini została zaangażowana, przez głównego geologa kraju, państwowa służba geologiczna PIG-PIB.

Kompleksowa inwentaryzacja zapadlisk w rejonie oddziaływania dawnej KWK *Siersza* wykonana przez Centrum Geozagrożeń PIG-PIB wykazała, że problem zapadlisk jest znacznie większy niż przypuszczano i nie dotyczy tylko miejsc, które były znane dotychczas. Liczba zidentyfikowanych w 2023 r. zapadlisk w Trzebini-Sierszy przekraczała pół tysiąca (Wojciechowski i in., 2023; Wódka i in., 2024). Dzięki kompleksowej inwentaryzacji zapadlisk było możliwe zaobserwowanie podobieństw warunków geośrodowiskowych w miejscach gdzie dotychczas zapadł się grunt i ocena przyszłych zagrożeń w rejonie Sierszy. W celu identyfikacji form zapadliskowych analizom poddano wiele danych, w tym różnoczasowe dane z lotniczego skaningu laserowego, ortofotomapy, historyczne zdjęcia lotnicze, mapy górnicze i archiwalne protokoły z wykazem zlikwidowanych zapadlisk. Wykonano dodatkowe skanowanie laserowe oraz zobrazowanie terenu przy użyciu bezzałogowego statku powietrznego (drona). Wszystkie wytypowane miejsca zostały zweryfikowane podczas prac terenowych, a nowe zapadliska przed zasypaniem zostały zarejestrowane przy użyciu naziemnego skanera laserowego (ryc. 1).



Ryc. 1. Naziemne skanowanie laserowe zapadliska utworzonego w pobliżu linii kolejowej prowadzącej do elektrowni *Siersza*. Fot. Z. Perski

Fig. 1. Terrestrial laser scanning of a sinkhole formed near the railway leading to the *Siersza* power plant. Photo by Z. Perski

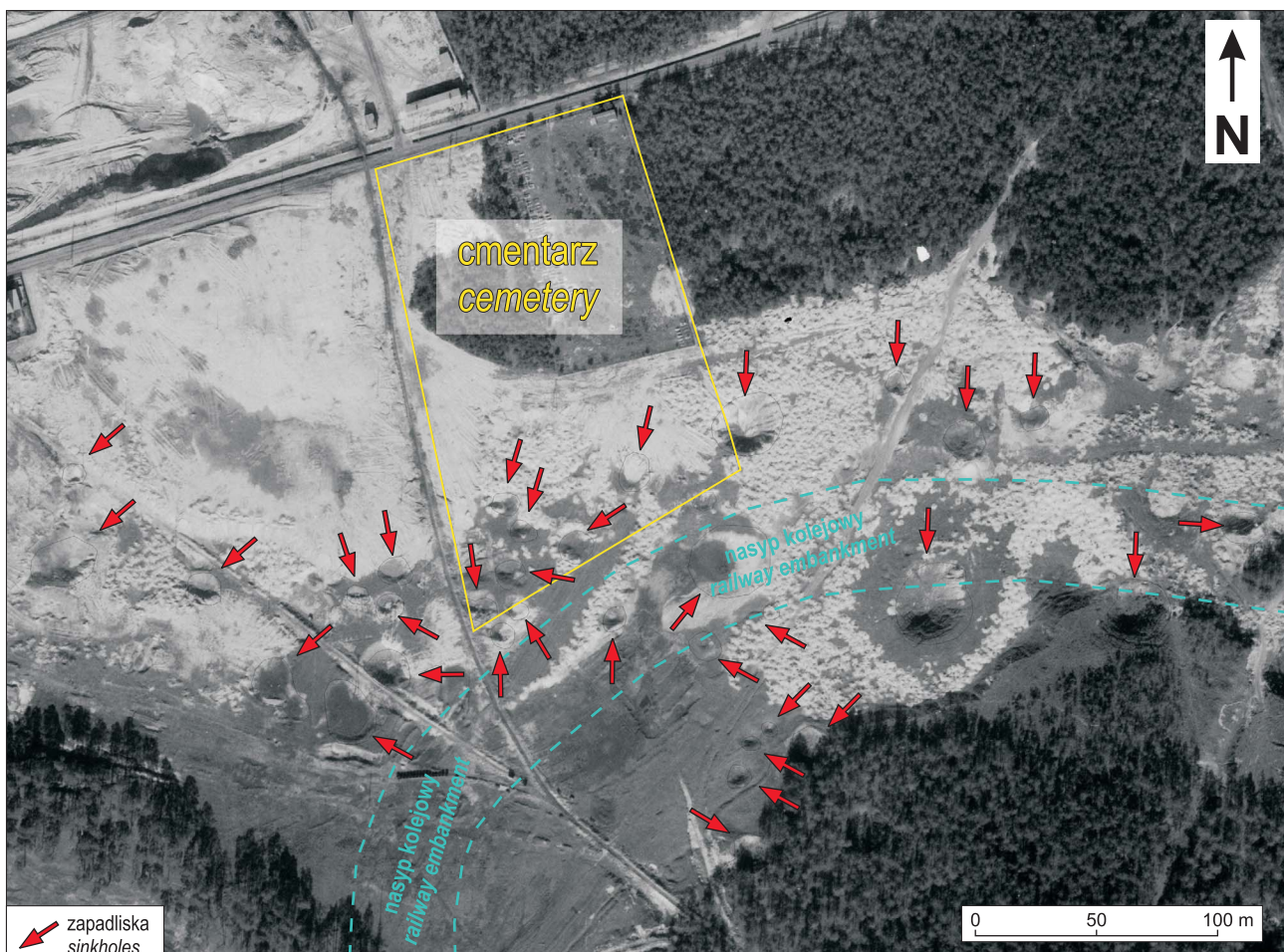
Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że na obszarze oddziaływania dawnej KWK *Siersza* występuje co najmniej 530 zapadlisk (stan na 31.12.2023 r.). Po 2011 r. (z tego okresu pochodzą najstarsze dane laserowe) na badanym terenie doszło do utworzenia 85 lejów zapadliskowych, a w okresie 2019–2023 dynamika zjawisk była kilkukrotnie większa niż w latach wcześniejszych, co ma związek z podnoszącym się zwierciadłem wód podziemnych. Zdecydowana większość (86%) zarejestrowanych zapadlisk jest związana z udokumentowaną płytką eksploatacją (występują nad komorami eksploatacyjnymi lub mają związek z pozostałymi elementami infrastruktury kopalnianej – chodnikami, przekopami, upadowymi, szymbami itp.). W nielicznych przypadkach (4%) zapadliska mają związek z procesami naturalnej sufozji, krasu bądź działalnością człowieka, ale aż 10% może mieć związek z eksploatacją głębszą. Umowna granica tzw. płytkiej eksploatacji (czyli tej mogącej mieć wpływ na powstawanie zapadlisk) dla GZW wynosi 80–100 m (Chudek i in., 1988; Strzałkowski i in., 2021). Dla rejonu *Sierszy* przyjęcie takiej granicy wydaje się być za małe, a zapadliska pojawiały się też w rejonach, gdzie eksploatację prowadzono na głębokości ok. 130 m p.p.t. Większość zapadlisk kumuluje się w miejscach, gdzie w budowie nadkładu karbonu dominują osady czwartorzędowe (głównie piaski) lub utwory antropogeniczne, a ich miąższość nie przekracza 40 m. Dotyczy to również zapadlisk nowopowstałych lub reaktywowanych po 2011/2014 r.

Najwięcej zapadlisk powstało w rejonie płytkiej eksploatacji pokładów 206, 208, 209–210, zwłaszcza tam gdzie głębokość eksploatacji nie przekraczała 50 m p.p.t.

Istotnym wnioskiem prac prowadzonych przez PIG-PIB jest stwierdzenie wysokiej podatności zapadliskowej w miejscach, w których nałożyła się eksploatacja dwóch pokładów do 100 m p.p.t., ale w rejonach, gdzie nakładały się pokłady eksploatowane systemem podsadzkowym do zapadlisk dochodziło niezwykle rzadko, dlatego należy przyjąć, że najbardziej zagrożone wystąpieniem zapadlisk są obszary płytkiej eksploatacji złóż węgla kamiennego prowadzonej metodą na zawał stropu.

Dużym zagrożeniem charakteryzują się obszary starych, w przeszłości zasypanych lejów zapadliskowych. Bliżko 19% zapadlisk, które wystąpiły po 2011 r., były związane z reaktywacją takich form (ryc. 2). Dlatego wszystkie zasypane w przeszłości zapadliska należy uznać za tereny zagrożone, a samo zasypanie zapadliska trudno nazwać jego likwidacją. Wnioski z kompleksowej inwentaryzacji zostały wykorzystane do opracowania mapy podatności zapadliskowej wskazującej rejon o największym zagrożeniu (Wódka i in., 2024).

Aby przeciwdziałać zapadliskom w rejonie Trzebini-Sierszy, w 2023 r. rozpoczęto odpompowywanie wód w celu ustabilizowania podnoszącego się zwierciadła wód, a w wybranych rejonach o największym ryzyku dla zabudowy i infrastruktury podjęto decyzję o wzmocnieniu podłoża, poprzez zatłaczenie pod ciśnieniem specjalnej mieszanki cementowej.



Ryc. 2. Zapadliska w rejonie cmentarza parafialnego w Sierszy widoczne na zdjęciu lotniczym 1957 r. (źródło zdjęcia: GUGiK)
Fig. 2. Sinkholes in the area of the cemetery in Siersza visible on an aerial photo 1957 (photo source: GUGiK)

ZAPADLISKA NA POZOSTAŁYCH OBSZARACH POLSKI

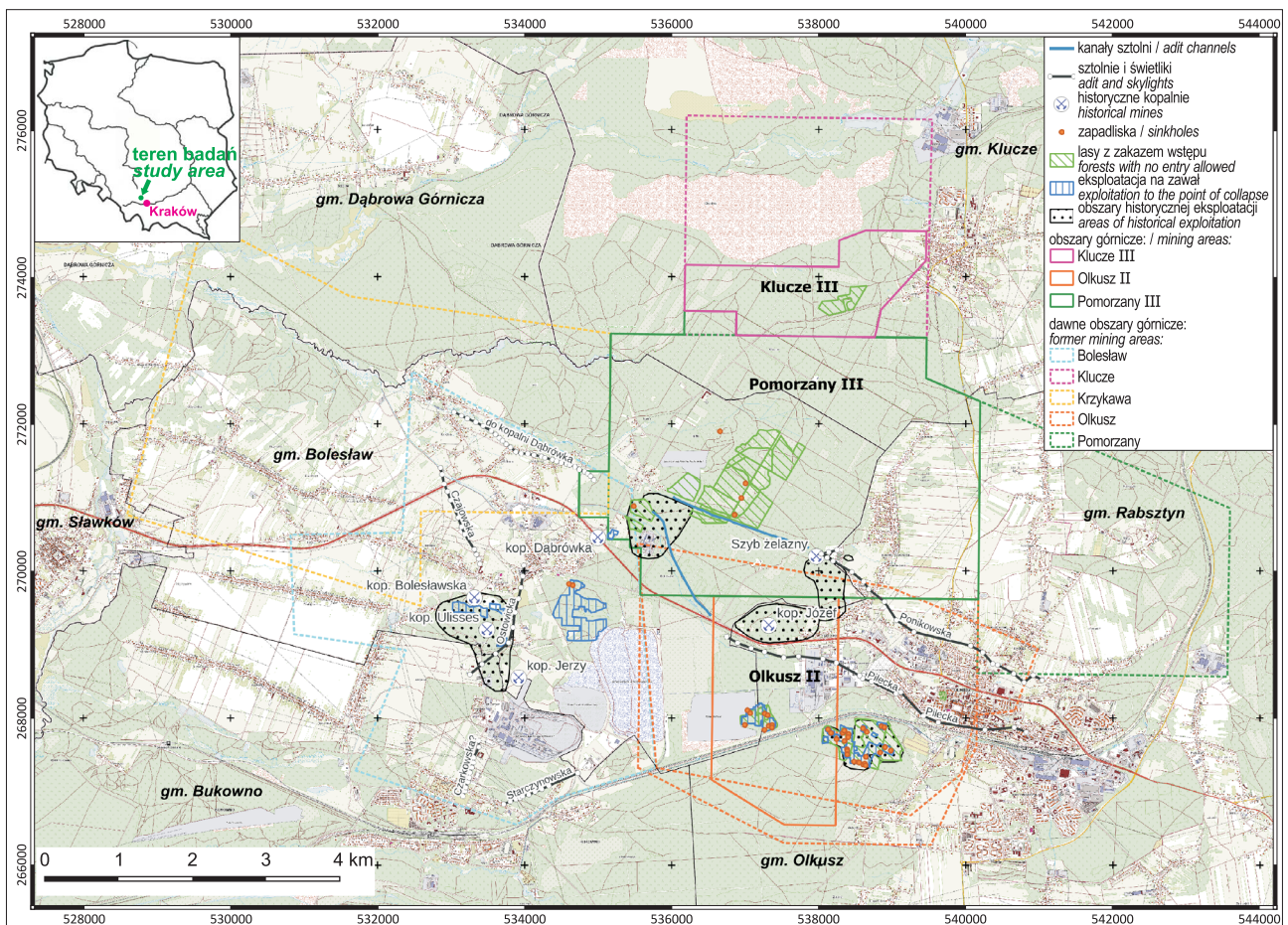
W 2023 r. problemy związane z zapadliskami były obserwowane również w innych częściach Polski. Spowodowały one uszkodzenia powierzchni terenu, dobytku i mienia społeczności zamieszkujących tereny nimi objęte w różnych częściach kraju. Należy pamiętać, że zapadliska mogą powstawać wskutek działalności człowieka (np. płytkiej podziemnej eksploatacji kopalin) lub mogą być spowodowane czynnikami naturalnymi (np. procesami krasowymi lub sufozją).

W anlizowanym czasie, oprócz terenu złoża węgla kamiennego Siersza, największa ilość zapadlisk powstała na obszarze zlikwidowanej kopalni Zn-Pb *Olkusz-Pomorzany* (ryc. 3), gdzie wydobyte zakończono w grudniu 2020 r. Na przełomie lat 2021 i 2022 r. zaprzestano odwadniania kopalni, co przyczyniło się do dynamicznego odbudowywania kopalin zwierciadła wód podziemnych. Wraz ze wzrostem poziomu wód następowało rozluźnienie czwartorzędowych utworów sypkich i uaktywnianie zapadlisk. Proces ten był szczególnie widoczny na obszarach, na których była prowadzona eksploatacja „na zawał” (ryc. 3).

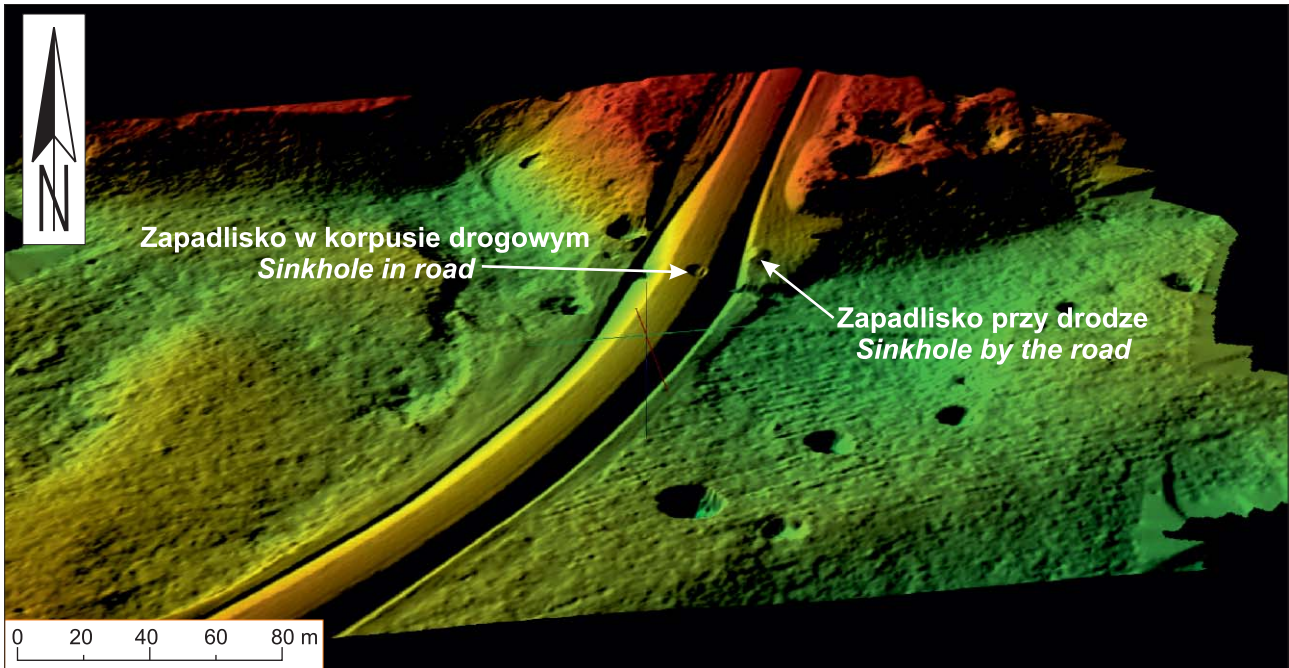
W lutym 2023 r. doszło do powstania zapadliska w miejscowości Bolesław, czego skutkiem było zamknięcie drogowej obwodnicy Bolesławia, zaledwie po kilku miesiącach jej eksploatacji (ryc. 4, 5; Kos, Perski, 2023). Zapadlisko uszkodziło płyty ażurowe stanowiące zabezpieczenia dna rowu odwadniającego pas drogowy. W maju powstało tam kolejne zapadlisko, tym razem w obrębie korpusu drogo-

wego (ryc. 4). Zapadnięciu uległy warstwy konstrukcyjne drogi oraz nawierzchnia asfaltowa (ryc. 6). Zapadlisko znajduje się w osi przepustu drogowego, który jednak nie miał oznak uszkodzeń poza lokalnymi deformacjami. Badania przeprowadzone za pomocą impulsowego skanera laserowego Riegl VZ-2000i oraz wykonany skaning laserowy powierzchni terenu z wykorzystaniem bezzałogowego statku powietrznego (BSP) pozwoliły na zinventaryzowanie zapadliska (ryc. 7; Kos, Perski, 2023; Kos i in., 2023). Przeprowadzone pomiary wykazały również istnienie zapadlisk w początkowym odcinku obwodnicy Bolesławia. Są to zarówno stare formy porośnięte drzewami, jak i nowo utworzone zapadliska, z których część została zlikwidowana. Zasypane piaskiem zapadlisko powstałe w lutym 2023 r. w bezpośrednim sąsiedztwie korpusu drogowego charakteryzowało się cylindrycznymi spękaniem, które świadczą o dalszych ruchach gruntu i możliwości kolejnego uaktywnienia. PIG-PIB prowadzi obecnie działania mające na celu kompleksową inwentaryzację deformacji pogórnicych w rejonie bolesławsko-olkuskim.

Zapadliska pogórnicych rejestrowano także w innych częściach Polski. W Nowej Górze (gmina Krzeszowice) powstało zapadlisko o głębokości ponad 6 m. Przeprowadzone prace terenowe i kameralne pozwoliły na zidentyfikowanie licznych zapadlisk w sąsiedztwie powstałego zapadliska, które są związane z prowadzoną w przeszłości eksploatacją rud ołowiu oraz galmanu. Zapadlisko związane z prowadzoną działalnością wydobywczą zinventaryzowano także w Tarnowskich Górach, przy czym jego geneza nie jest jednoznaczna.



Ryc. 3. Mapa obszaru eksploatacji rud cynku i ołowiu w rejonie Olkusza
Fig. 3. Map of the zinc and lead ore exploitation area in the Olkusz region



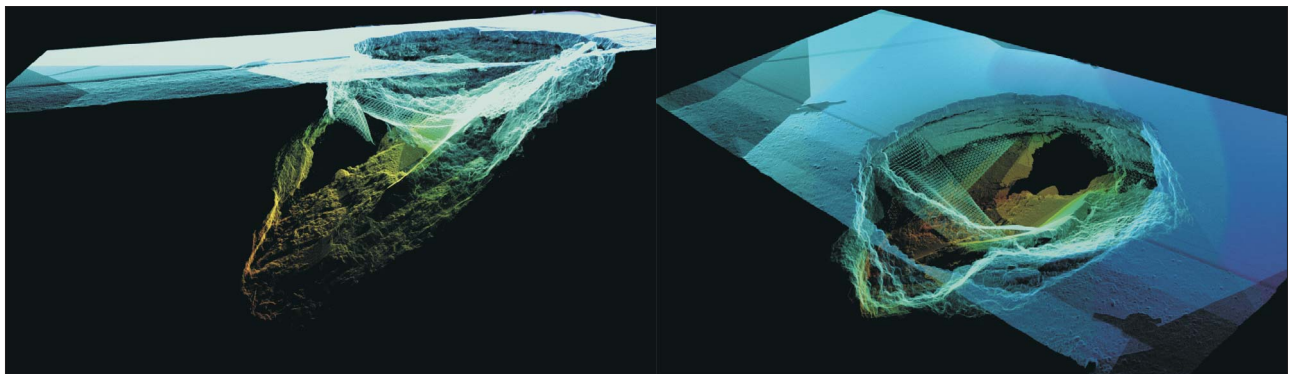
Ryc. 4. Numeryczny model terenu obwodnicy Bolesławia
Fig. 4. Digital terrain model of the Bolesław bypass



Ryc. 5. Zapadlisko w sąsiedztwie obwodnicy Bolesławia. Fot. J. Kos
Fig. 5. A sinkhole near the Bolesław bypass. Photo by J. Kos



Ryc. 6. Zapadlisko w drodze na obwodnicy Bolesławia. Fot. J. Kos
Fig. 6. A sinkhole on the road on the Bolesław bypass. Photo by J. Kos



Ryc. 7. Trójwymiarowa wizualizacja zapadliska w drodze na obwodnicy Bolesławia
Fig. 7. Three-dimensional visualization of a sinkhole on the road on the Bolesław bypass

Oprócz zapadlisk o genezie antropogenicznej w 2023 r. zinventaryzowano szereg zapadlisk powstałych w wyniku procesów naturalnych związanych ze zjawiskami krasowymi (Dziecinin, powiat krasnostawski; Karczmyska, powiat opolski; Sahryń, powiat hrubieszowski). Przedmiotem

analizy były także zapadliska powstałe w wyniku erozyjnej działalności wód powierzchniowych i podziemnych (Łazany, pow. wielicki).

Wydarzenia 2023 r. przypominały społeczeństwu w Polsce, zwłaszcza mieszkańcom zachodniej małopolski, jak

istotnym zagrożeniem geologicznym są zapadliska. Wdrażanie zadania *Zapadliska – etap I – studium wykonalności* wykonywanego przez PSG w zakresie zagrożeń geologicznych pozwoli na stworzenie strategii redukcji ryzyka związanego z zapadliskami w Polsce.

WSTRZĄSY SEJSMICZNE

Aktywność sejsmiczna na obszarze Polski i w rejonach przygranicznych była monitorowana za pomocą sieci stacji sejsmicznych PSG_Sejs_NET (ryc. 8B). W sieci pracowały łącznie 42 stacje sejsmiczne, w tym 2 permanentne oraz 40 mobilnych, z których 18 należy do Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk (IGF PAN), a dane z nich są dostarczane w ramach umowy o współpracy. Dane z Polskiej Sieci Sejsmologicznej (PLSN) administrowanej przez IGF PAN były wykorzystywane pomocniczo do wykrywania i lokalizowania zjawisk sejsmicznych. W 2023 r. kontynuowano weryfikację zjawisk sejsmicznych wykrywanych przez automatyczny system alertowania oparty o SeisComp (Helmholtz-Centre Potsdam, 2008). Proces weryfikacji jest przeprowadzany w programie SWIP5 (Wiszniewski i in., 2021).

W 2023 r. zarejestrowano i zweryfikowano 709 wstrząsów lokalnych. Prawie wszystkie zarejestrowane zdarzenia były zlokalizowane w obszarach występowania sejsmiczności indukowanej: Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW), Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym (LGOM) oraz w regionie Kopalni Węgla Brunatnego

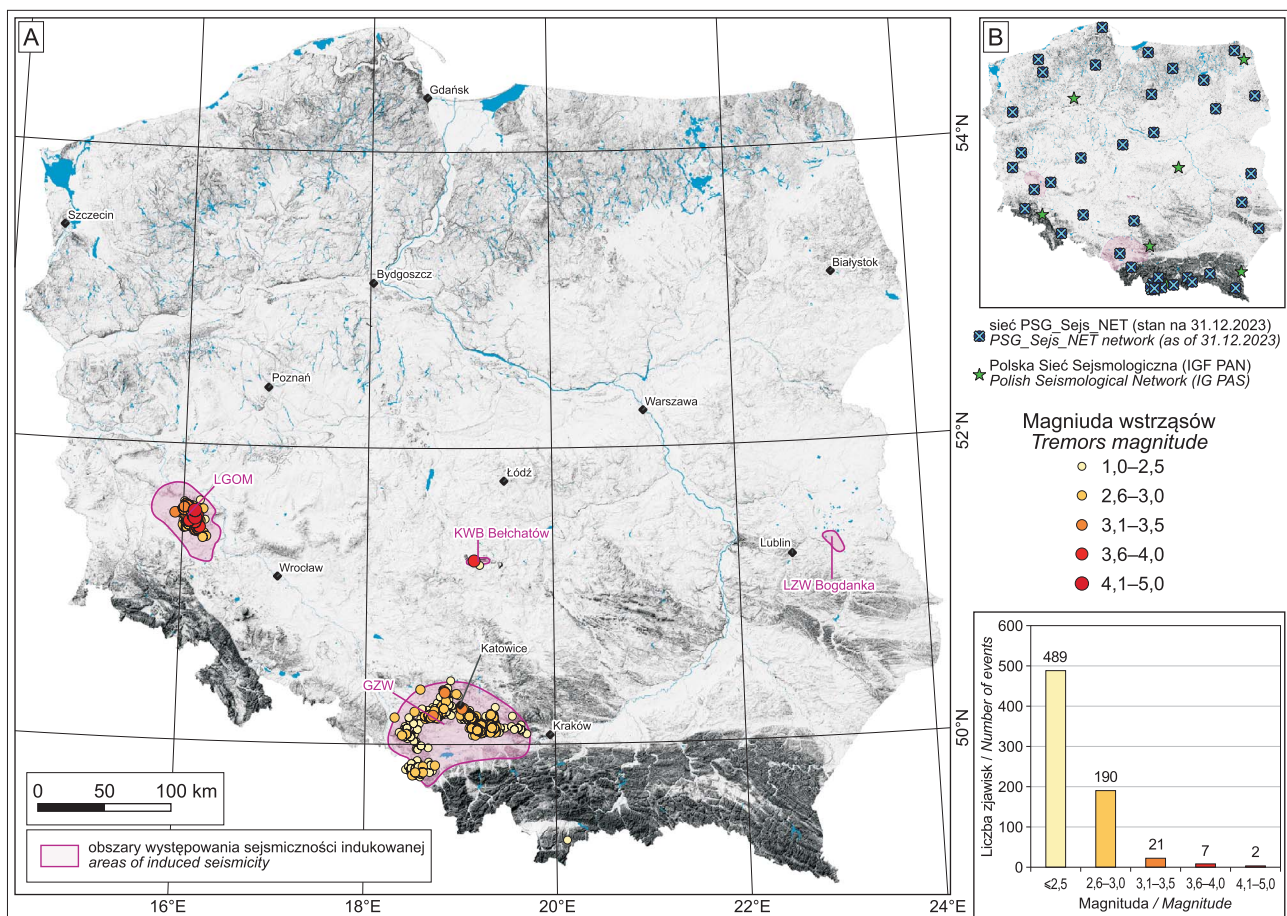
Bełchatów (ryc. 8A). Ponadto wykryto jedno zjawisko pochodzenia naturalnego z obszaru Podhala.

Najsilniejsze zjawisko sejsmiczne na terenie kraju (o magnitudzie 4.2) odnotowano w dniu 6 lipca 2023 r. o godz. 19:54:25 UTC z epicentrum wstrząsu w regionie LGOM. Sejsmogramy tego zjawiska zarejestrowane na sześciu najbliższych stacjach zaprezentowano na rycinie 9.

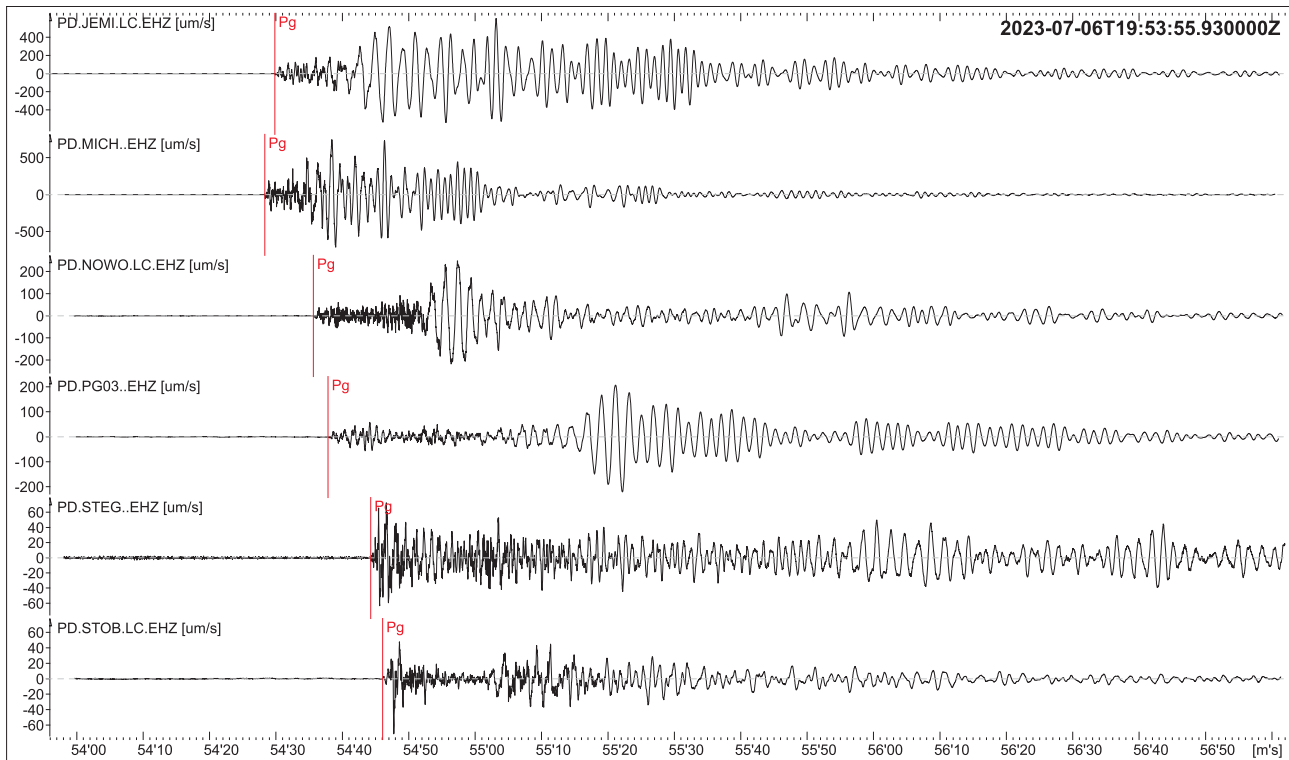
TRZĘSIENIE ZIEMI NA SŁOWACJI (9.10.2023 r.)

Na terenie Polski naturalne trzęsienia ziemi, które są odczuwane przez ludzi, zdarzają się dosyć rzadko. Ostatnie takie zjawisko o magnitudzie M4.5 wydarzyło się 2004 r. w rejonie Podhala (Wiejacz, Dębski, 2009). Oprócz trzęsień ziemi mających miejsce na obszarze kraju, mieszkańcy Polski odczuwają również zdarzenia z krajów sąsiadujących, czego przykład stanowią zjawiska z 2004 r. (M5.0 i M5.2), które wystąpiły w regionie Królewca (Gregersen i in., 2007).

W dniu 9 października 2023 r. miało miejsce trzęsienie ziemi na obszarze Słowacji (ryc. 10), które wg ankiet otrzymanych przez PSG odczuli mieszkańcy Polski od Katowic po Rzeszów. Epicentrum zjawiska było zlokalizowane w obszarze Karpat zewnętrznych (fliszowych), na pograniczu płaszczowiny magurskiej (jednostka krynicka) i pienińskiego pasa skałkowego. Lokalizacja tego trzęsienia może mieć związek z jednym z uskoków dużej strefy dyslokacyjnej obejmującej dolinę rzeki Ondava, pomiędzy miejscowościami Stropkov a Vranov. Zjawisko zostało zarejestrowane na wszystkich stacjach sieci PSG_Sejs_NET,



Ryc. 8. A – lokalizacja wstrząsów sejsmicznych w 2023 r., B – lokalizacja stacji sejsmicznych sieci PSG_Sejs_NET (stan na 31.12.2023 r.)
Fig. 8. A – location of tremors epicentres in 2023, B – location of seismic stations in the PSG_Sejs_NET network (as of 31.12.2023)



Ryc. 9. Zapisy wstrząsu sejsmicznego (składowe pionowe) z dnia 6 lipca 2023 r. o godzinie 19:54:25 UTC o magnitudzie M4.2 zarejestrowane przez stacje sieci PSG_Sejs_NET w: Jemielnie (JEMI), Michałowie (MICH), Nowogrodzie Bobrzańskim (NOWO), Kijach (PG03), Stęgoszu (STEG) i Stobrawie (STOB)

Fig. 9. The seismogram (vertical component) of event: 06-Jul-2023 19:54:25 UTC (M4.2) recorded by the seismic station of PSG_Sejs_NET in: Jemielno (JEMI) Michałów (MICH), Nowogród Bobrzański (NOWO), Kije (PG03), Stęgosz (STEG) and Stobrawa (STOB)

a na podstawie analizy zarejestrowanych zapisów wyznaczono lokalizację jego epicentrum (49.00°N, 21.72°E) oraz magnitudę – M5.1.

AKTYWNOŚĆ OSUWISK W 2023 R.

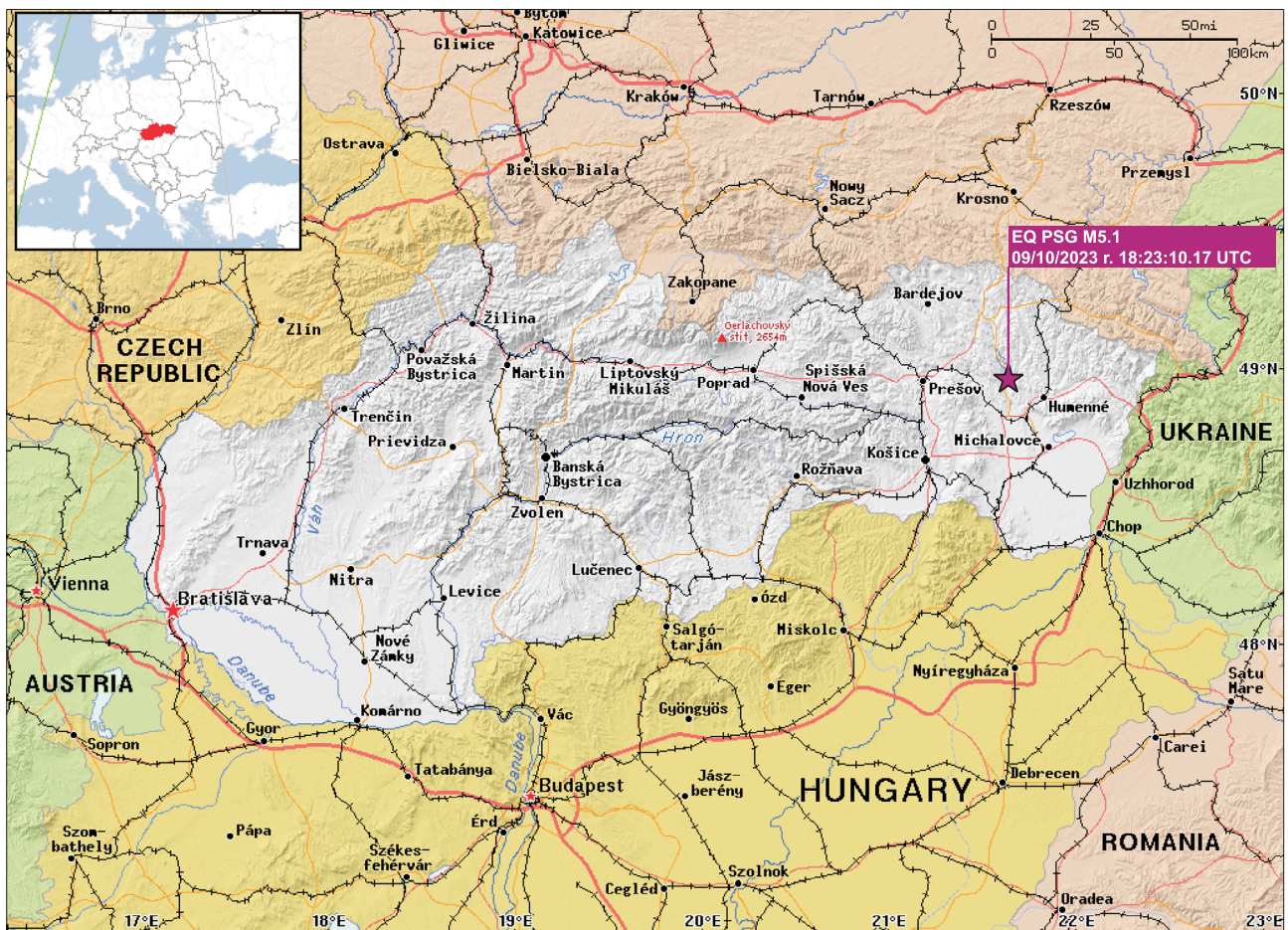
Aktywność osuwisk rejestrowana w ramach projektu SOPO opiera się na danych zgłoszonych głównie przez jednostki samorządowe. Z roku na rok obserwuje się coraz większą świadomość zarówno mieszkańców, jak i organów samorządowych i rządowych, co skutkuje tym, że każde przejawy ruchów masowych, które nawet w małym stopniu zagrażają budynkom lub innej infrastrukturze, są zgłaszane do geologów powiatowych lub bezpośrednio do Centrum Geozagrożeń w PIG-PIB. Jednak pomimo większego wyczulenia społeczeństwa na przejawy ruchów masowych, w 2023 r. zgłoszono mniej osuwisk niż w latach 2020 i 2021, chociaż uśredniona suma opadów atmosferycznych była w 2023 r. najwyższa od czterech lat (ryc. 11).

Obszarowo uśredniona suma opadu atmosferycznego w 2023 r. wyniosła 656,2 mm, czyli nieco przewyższała średnie opady w latach 1991–2020, stanowiąc 107,3% normy określonej na podstawie powyższego 30-letniego okresu pomiarowego (Marosz i in., 2024). Najwyższe opady obserwowano w Tatrach i na Śnieżce, a najniższe w rejonie Kalisza i Gdańska. W strefie opadów niskich znajdował się rozległy obszar centralnej Polski, Warmii i Mazur. Nieco wyższe opady zanotowano w pasie od Łeby po Jelenią Górę oraz od Opola po Lesko. Opady wyraźnie przewyższające średnie roczne odnotowano na południe od Krakowa i Tarnowa. Znacznie większym opadem od średniej z lat 1991–2020 charakteryzowały się miesiące styczeń, luty,

sierpień i okres od października do grudnia. Poza opadem deszczu w naszych warunkach klimatycznych istotną rolę w uruchamianiu osuwisk ma także opad śniegu i utrzymywanie się, a następnie topnienie pokrywy śnieżnej. Najwięcej dni z opadem śniegu w 2023 r. notowano w grudniu, a pokrywa śnieżna była rejestrowana w całej Polsce od stycznia do marca (Szokalska, 2024).

Takie warunki atmosferyczne spowodowały, że w pierwszej połowie roku obserwowano uruchomienia osuwisk, a z łącznej liczby 16 osuwisk uruchomionych w 2023 r. 9 uruchomiło się w pierwszej połowie roku (głównie w pierwszym kwartale). Zgłoszone uaktywnienia osuwisk pochodziły z trzech województw: małopolskiego, podkarpackiego i śląskiego (tab. 1).

W analizowanym roku uruchomiło się stosunkowo niewiele osuwisk, wśród nich były bardzo małe formy, z których cztery zaliczono do osuwisk nowych. Jednakże część osuwisk aktywnych stanowiły uaktywnione fragmenty starych bardzo dużych i dużych form osuwiskowych. W Pruchniku uruchomił się fragment osuwiska o powierzchni powyżej 7 ha. Uszkodzone zostały drogi gminna i powiatowa, a także linie przesyłowe znajdujące się w granicach osuwiska. W Kasinie Wielkiej w wyniku uaktywnienia się fragmentu osuwiska o powierzchni ponad 4,5 ha spękanu uległa nawierzchnia drogi krajowej (ryc. 12). Poważne szkody wyrządziły osuwiska w gminie Bochnia, w Grabinie uszkodzone zostały budynki prywatne i infrastruktura techniczna w granicach posesji, a w Pogwizdowie sieci przesyłowe. Częściowemu uruchomieniu uległo także rozległe ponad 80-hektarowe osuwisko na pograniczu gmin Biskupice i Wieliczka. Osuwisko, na którym znajduje się 27 budynków mieszkalnych, znajduje się w permanentnym



Ryc. 10. Lokalizacja epicentrum trzęsienia ziemi na Słowacji z dnia 9.10.2023 r.
 Fig. 10. Location of the epicentre of the earthquake that occurred on October 9, 2023 in Slovakia

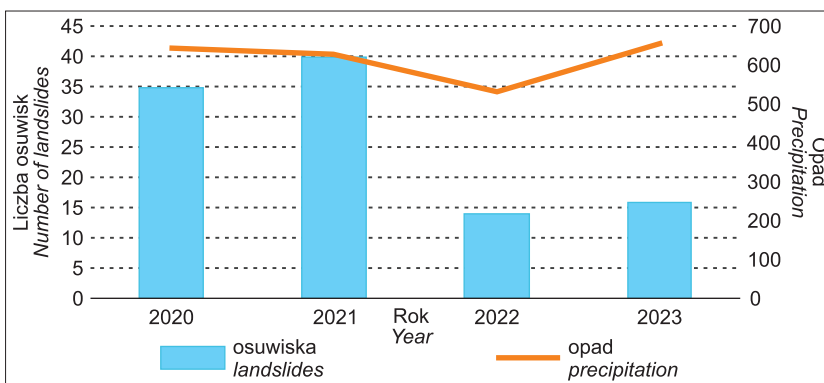
ruchu, ale wiosną 2023 r. miejscami ruchy się nasiliły, niebezpiecznie powiększając spekania na ścianach budynków oraz na drogach gminnych. Drogi są tym elementem infrastruktury, który najczęściej ulega uszkodzeniu. W 2023 r. dziewięć osuwisk było przyczyną takich zniszczeń.

W kilku przypadkach w 2023 r. uruchomienia osuwisk miały genezę antropogeniczną. Prace ziemne, które przekształcają morfologię stoków i zmieniają jego szatę roślinną w połączeniu z niekorzystnymi zjawiskami meteorologicznymi, sprawiają, że stoki stają się bardziej wrażliwe na ruchy masowe.

logicznymi, sprawiają, że stoki stają się bardziej wrażliwe na ruchy masowe.

Aktywność osuwisk najczęściej nie przejawia się widocznymi deformacjami terenu i uszkodzeniami zabudowy i infrastruktury. Najwięcej aktywnych osuwisk charakteryzuje się niewielką dynamiką, która bez odpowiednich metod pomiarowych jest niemożliwa do wykrycia. Nie oznacza to, że są to osuwiska bezpieczne. Niewielkie przemieszczenia w obrębie osuwiska kumulują się wraz z czasem, co wcześniej czy później prowadzi do przekroczenia progów bezpieczeństwa. W 2023 r. PIG-PIB monitorował instrumentalnie 74 osuwiska, 60 z nich monitorowanych było w ramach projektu SOPO zarówno metodami wgłębnymi, jak i powierzchniowymi (ryc. 13; Warmuz, Nescieruk, 2019; Wojciechowski i in., 2021), pozostałe 14 obserwowano tylko metodami geodezyjnymi na zlecenie urzędów powiatowych z Włocławka, Szczecina, Gdańska i Wieliczki.

W monitoringu powierzchniowym wykorzystywano pomiary GNSS (Globalny System Nawigacji Satelitarnej – Global Navigation Satellite System), naziemny skaning laserowy, satelitarną interferometrię radarową, a także pomiary fotogrametryczne z wykorzystaniem dronów (Wojciechowski i in., 2021). Monitoring wgłębny bazował na



Ryc. 11. Liczba uruchomionych w 2023 r. osuwisk na tle uśrednionej sumy opadów atmosferycznych (wykres opracowano na podstawie: Szokalska, 2021, 2022, 2023, 2024; Wojciechowski i in., 2021, 2022, 2024)

Fig. 11. Number of events of landslides in 2023 versus averaged annual precipitation (graph compiled from: Szokalska, 2021, 2022, 2023, 2024; Wojciechowski et al., 2021, 2022, 2024)

Tab. 1. Zgłoszone przez jednostki administracji publicznej osuwiska, w których w 2023 r. zaobserwowano uruchomienie
Table 1. Landslides reported by public administration, in which activation was observed in 2023

Województwo <i>Voivodeship</i>	Powiat <i>County</i>	Gmina <i>Commune</i>	Liczba osuwisk <i>Number of landslides</i>	Uszkodzenia <i>Damages</i>	Czas uruchomienia <i>Activation</i>
małopolskie	bocheński	Bochnia	2	gazociąg, słup telekomunikacyjny, budynek gospodarczy, budynek mieszkalny, szambo <i>gas pipeline, telecommunications pole, outbuilding, residential house, septic tank</i>	III 2023 25 IV 2023
	wadowicki	Wadowice	1	ogrodzenie posesji <i>property fencing</i>	27 II 2023
	Kraków	Kraków	1	droga gminna <i>commune road</i>	II 2023
	limanowski	Limanowa	1	brak uszkodzeń <i>no damages</i>	III 2023
		Mszana Dolna	2	budynek mieszkalny, droga gminna, słup energetyczny, droga krajowa <i>power pole, residential house commune road, country road</i>	lato 2023 29 V 2023
	tarnowski	Wojnicz	1	droga powiatowa <i>country road</i>	13 IX 2023
	tatrzański	Biały Dunajec	1	droga gminna <i>commune road</i>	19 II 2023
wielicki	Biskupice	1	budynki mieszkalne, droga gminna sieci gazowa, wodociągowa, energetyczna <i>residential house, commune road gas pipeline, water supply power line</i>	V 2023	
	Biskupice	1	deformacje powierzchniowe <i>surface deformation</i>	VIII 2023	
podkarpackie	jarosławski	Pruchnik	1	droga gminna i powiatowa, sieć gazowa, wodociągowa, energetyczna, światłowodowa <i>county and commune road, gas pipeline, water supply, power line, fiber optics line</i>	28 II 2023
	przemyski	Bircza	1	deformacje powierzchniowe <i>surface deformation</i>	III 2023
	strzyżowski	Niebylec	1	droga dojazdowa <i>driveway</i>	VI 2023
śląskie	cieszyński	Skoczów	1	cmentarz <i>cemetery</i>	VI 2023
	gliwicki	Sońnicowice	1	droga powiatowa <i>country road</i>	VIII 2023

cyklicznych pomiarach inklinometrycznych i rejestracji poziomu wód gruntowych w otworach piezometrycznych. Na osuwisku w Międzybrodziu Bialskim w sposób ciągły rejestrowano ciśnienie wody porowej w piezometrze zamkniętym i deformacje górotworu czujnikami ekstensometrycznymi (Warmuz, Nescieruk, 2019; Wojciechowski i in., 2021).

Analiza pomiarów przeprowadzonych w 2023 r. pokazała, że spośród 60 osuwisk monitorowanych w ramach SOPO, 31 z nich było aktywnych, 23 oceniono jako okresowo aktywne, a 6 osuwisk uznano za nieaktywne. Największą dynamikę przemieszczeń odnotowano w pomiarach geodezyjnych na osuwisku w Szymbarku-Huciskach (ryc. 13), gdzie punkt w górnej części osuwiska przemieścił się o ok. 328 mm, a kolejny w środkowej części o ok. 270 mm. Pomiarów wstępnych prowadzonych w dolnej części osuwiska wykazały wyraźny wzrost prędkości w pierwszej połowie 2023 r., kiedy wartość przemieszczeń wyniosła ok. 5 mm. Pomiar interferometryczne reflektorów radarowych uzupełniające metody geodezyjne potwierdziły aktywność

tego osuwiska oraz znajdującego się na przeciwległym stoku osuwiska Zapadle. W opisywanym okresie stosunkowo wysokie tempo przemieszczeń utrzymywał także zespół osuwisk w Grybowie i osuwisko w Witanowicach (ryc. 13), gdzie po ścięciu kolumn inklinometrycznych monitoring realizowany jest już tylko metodami geodezyjnymi. Na osuwisku w Grybowie utrzymała się tendencja niedużej dynamiki w górnej jego części, która wyraźnie wzrasta w dół stoku, gdzie przemieszczenia w ciągu roku wyniosły ok. 60 mm. W Witanowicach największe przemieszczenia punktów geodezyjnych w środkowej części wyniosły kolejno 300 mm i 251 mm. Górny fragment osuwiska był znacznie mniej aktywny. Pomiar interferometryczne na osuwisku w Słotowej (ryc. 13) potwierdziły ciągłą aktywność tego osuwiska. Przemieszczenia mierzone zarówno powierzchniowo, jak i wstępnie mają w przybliżeniu stałą prędkość wynoszącą od kilkunastu do kilkudziesięciu mm/rok.

W porównaniu z rokiem 2022 (Wojciechowski i in., 2024) na większości monitorowanych osuwisk obserwo-



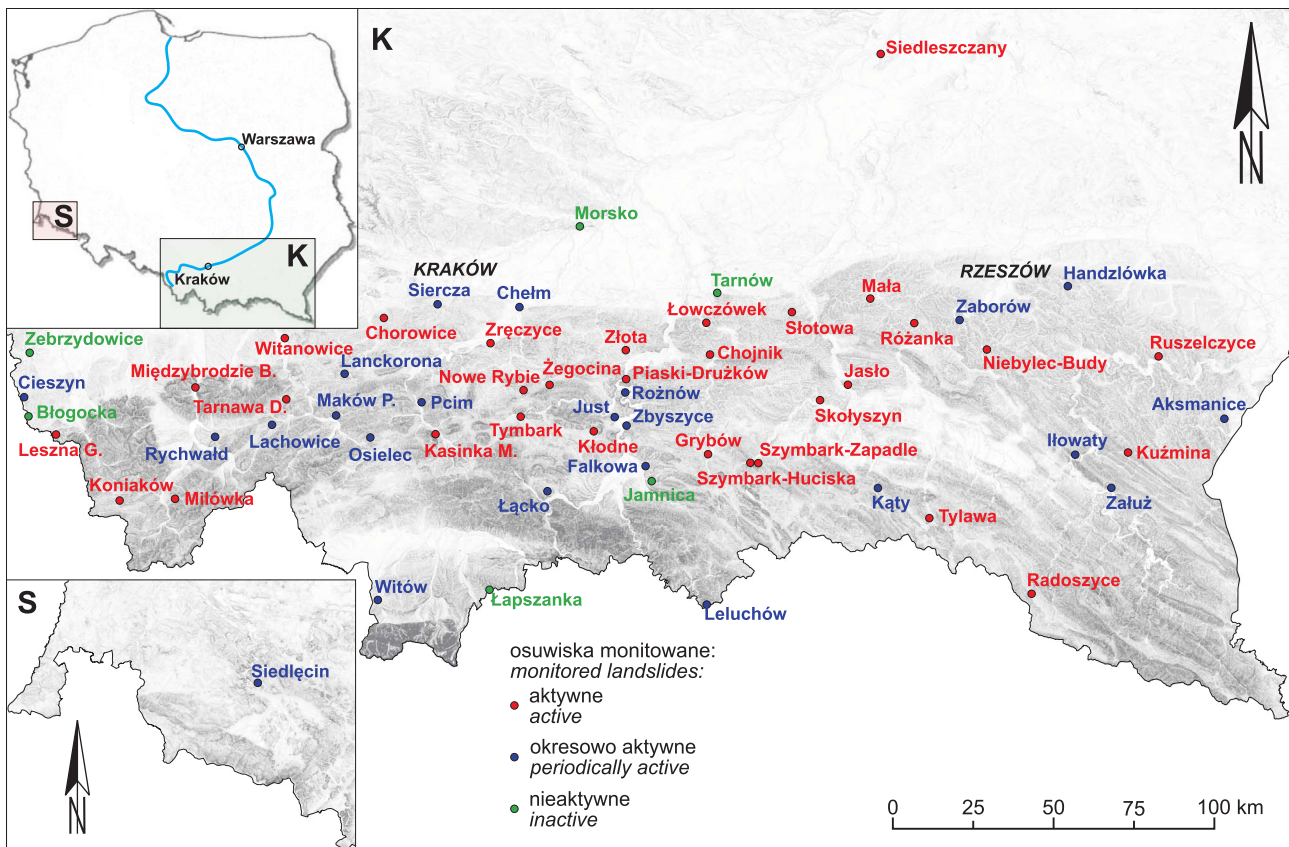
Ryc. 12. Osuwisko w Kasinie Wielkiej. Fot. M. Wódka, K. Górka
 Fig. 12. Landslide in Kasina Wielka. Photo by M. Wódka, K. Górka

wano podobną dynamikę. Zarówno w 2022 r., jak i 2023 r. miesiące zimowe obfitowały w opady śniegu przeplatane deszczem oraz tajaniem pokrywy śnieżnej. Wiosną 2023 r. opady deszczu były częste, lecz zwykle słabe i umiarkowane. W miesiącach letnich sporadycznie występowały opady umiarkowane i lokalne ulewy, zaś jesień była raczej sucha. Wszystko to wpływa na aktywność osuwisk. Na osuwisku w Tylawie i Słotowej (ryc. 13) zaobserwowano wzrost aktywności już w pierwszej połowie 2023 r., nato-

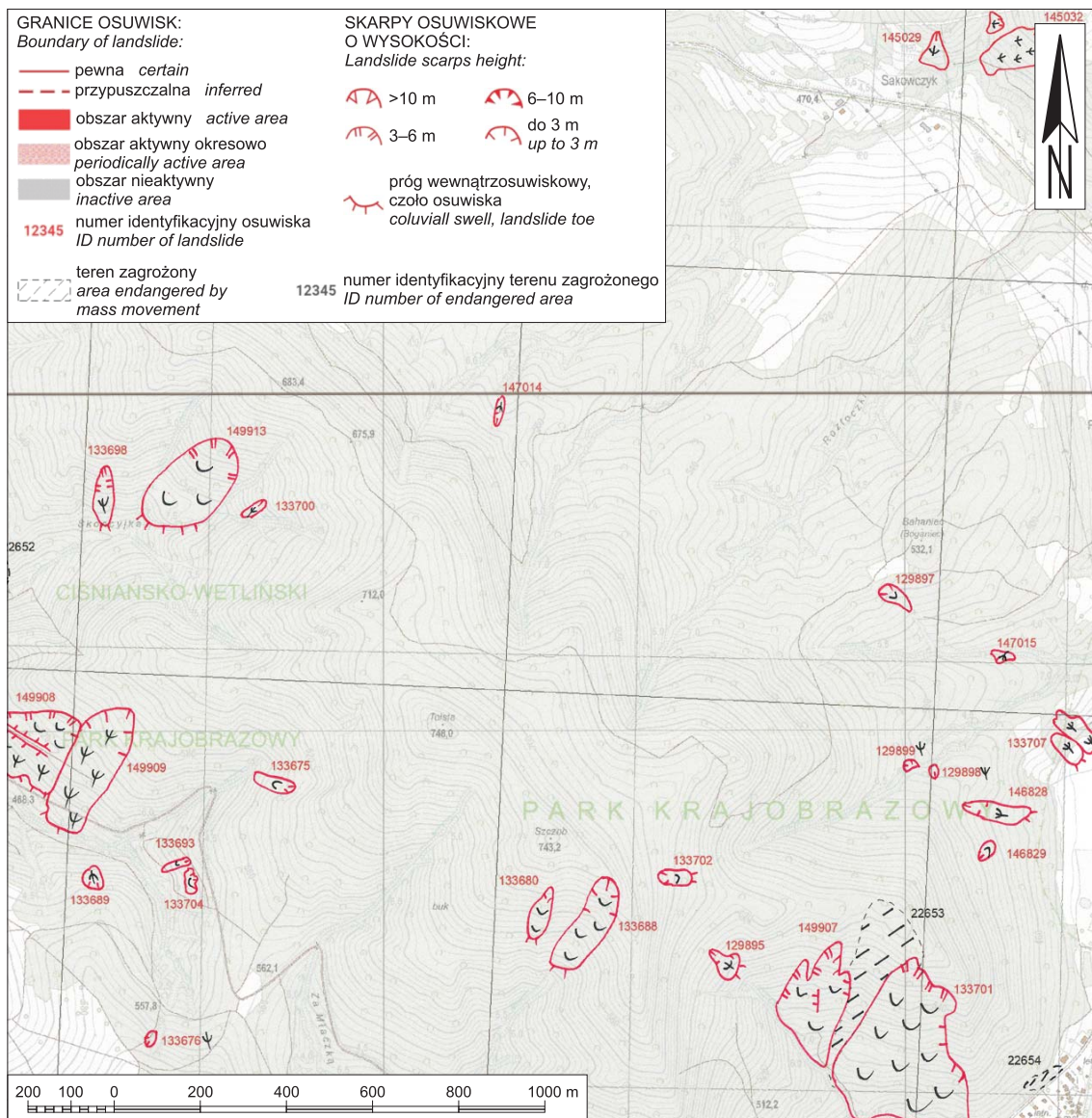
miast w drugiej połowie roku przyspieszyły fragmenty osuwisk w Kasince Małej, Makowie Podhalańskim, Zręczycach, Jaśle, Kuźminie, Różance i Rychwałdzie (ryc. 13). Wynika to prawdopodobnie z opóźnionej reakcji słabo przepuszczalnych koluwiów budujących te osuwiska na „mokrą” pierwszą połowę roku.

W 2023 r. zaprzestano monitorowania osuwiska w Cieszynie na ulicy Błogockiej, gdzie trwały już prace stabilizujące ten obszar. Infrastruktura pomiarowa została w trakcie robót budowlanych zlikwidowana, a obecnie osuwisko wydaje się być skutecznie zabezpieczone. Prace mające na celu ograniczenie procesów osuwiskowych przeprowadzono też na osuwisku w Chojniku w powiecie tarnowskim (ryc. 13). Z środkowej części osuwiska, powyżej budynku szkoły usunięto część koluwiów. W efekcie profilowania zbocza zostało zniszczonych kilka geodezyjnych punktów pomiarowych. W nieodległej przyszłości prawdopodobnie zakończony zostanie monitoring osuwiska w Tylawie, gdzie rozpoczęto już prace przygotowawcze pod rozbudowę drogi ekspresowej S19.

Spośród 14 osuwisk, które PIG-PIB monitorował geodezyjnie poza systemem SOPO, aktywnością charakteryzowały się tylko osuwiska w powiecie wielickim. Zarejestrowano tam przemieszczenia o niedużych wartościach, lecz potwierdzające stałą, powolną aktywność tych osu-



Ryc. 13. Aktywność osuwisk monitorowanych w ramach SOPO w 2023 r.
 Fig. 13. Activity of landslides monitored by LCS (Landslide Counteracting System) in 2023



Ryc. 14. Fragment Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000 dla gminy Solina (Wódka i in., 2023)

Fig. 14. Part of the Map of landslides and endangered areas on the border of Solina commune (Wódka et al., 2023)

wisk w okresie kilku lat prowadzenia pomiarów. Wiosną 2023 r. uaktywnił się tam wyraźnie środkowy fragment osuwiska w Chorągwicy. Uszkodzona została lokalna droga, budynek mieszkalny oraz podziemne sieci przesyłowe.

REJESTRACJA OSUWISK W 2023 R.

Rozpoznanie terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz terenów, na których występują te ruchy w 2023 r. odbywało się zarówno w ramach projektu SOPO, jak i przez urzędy powiatowe. Wszystkie prace z tym związane realizowano na potrzeby *Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000* (MOTZ) oraz rejestru terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz terenów, na których występują, prowadzonych przez starostów. MOTZ w 2023 r. była wykonywana w obrębie 203 gmin w 14 województwach. Nie wszystkie prace zostały zakończone w 2023 r.

W ramach projektu SOPO zakończono prace i wydano opracowanie MOTZ dla 2 gmin karpackich: Solina (ryc. 14;

Wódka i in., 2023) i Tyrawa Wołoska (Górka i in., 2023) oraz 8 powiatów pozakarpaccich: wejherowski (Grabowski i in., 2023), tarnobrzesci (Laskowicz i in., 2023), puławski (Kaczorowski, Parafiniuk, 2023), Toruń Miasto (Grabowski, 2023c), Płock Miasto (Grabowski, 2023b), Tarnobrzeg Miasto (Laskowicz, 2023), aleksandrowski (Grabowski, 2023a) i jarociński (Zimnal, 2023). Na wydanych mapach znalazło się łącznie 2125 osuwisk (z czego 430 wykartowano w 2023 r.) i 228 terenów zagrożonych ruchami masowymi. Najwięcej osuwisk, dla których zakończono opracowanie MOTZ, rozpoznano w gminach położonych na obszarze Karpat oraz w powiecie wejherowskim. Rekordową ilość 737 osuwisk zarejestrowano w gminie Solina na obszarze powiatu leskiego. Niewiele mniej osuwisk zinwentaryzowano w powiecie wejherowskim (555 osuwisk) oraz w gminie Tyrawa Wołoska (535 osuwisk). Największym wskaźnikiem gęstości osuwiskowej (G) *sensu* Bober (1984), spośród nowo rozpoznanych obszarów, charakteryzuje się gmina Tyrawa Wołoska, gdzie

występuje średnio 7,8 osuwiska/km². Wysoki wskaźnik gęstości osuwisk o wartości 4,05 osuwiska/km² stwierdzono również w gminie Solina. Dla porównania, powiat wejherowski, gdzie stwierdzono również dużą liczbę osuwisk, ma wskaźnik gęstości osuwisk o wartości 0,43 osuwiska/km². Jest to jednak i tak dość duża wartość w porównaniu do pozostałych powiatów pozakarpaccyckich, gdzie np. G dla powiatu Toruń Miasto wynosi 0,03, a dla powiatu jarocińskiego 0,05.

W gminach karpaccyckich w dużej mierze stwierdzono osuwiska o znacznie większej powierzchni niż w powiatach pozakarpaccyckich, co przekłada się na łączną powierzchnię, jaką zajmują na obszarze danej jednostki administracyjnej. W gminie Tyrawa Wołoska łączna powierzchnia osuwisk w granicach gminy wynosi 3,97 km². Wskaźnik osuwiskowości powierzchniowej (O) dla tej gminy, liczony jako stosunek powierzchni osuwisk do powierzchni obszaru, na którym były one rejestrowane, wynosi 5,73%. Dla porównania, wskaźnik O dla powiatu wejherowskiego, gdzie zarejestrowano najwięcej osuwisk w obszarze pozakarpaccyckim wynosi 0,23%, w powiecie jarocińskim już tylko 0,04%, czyli ponad stukrotnie mniej niż stwierdzono w gminach karpaccyckich.

Inwentaryzację osuwisk poza projektem SOPO prowadzono na terenie 14 powiatów, przy czym tylko w 3 przypadkach pracami objęto całe powierzchnie powiatów (łęborski, Łomża Miasto, miński). W pozostałych przypadkach (powiaty: zgierski, sulęciński, świebodziński, gorzowski, mragowski, choszczeński, głubczycki, włoszczowski, warszawski zachodni, konecki, żagański) prace prowadzono tylko w części jednostek administracyjnych. We wszystkich tych powiatach zidentyfikowano 107 osuwisk i 111 terenów zagrożonych ruchami masowymi. Na obszarze kilku gmin w tych powiatach (Deszczno, Izabelin, Leszno, Ożarów Mazowiecki, Babice, Ruda Maleniecka, Słupia Konecka) nie zarejestrowano żadnego osuwiska i terenu zagrożonego ruchami masowymi.

Sumarycznie w 2023 r. do bazy SOPO wprowadzono 3041 kart rejestracyjnych osuwisk i 426 kart rejestracyjnych terenów zagrożonych. Na dzień 31.12.2023 r. baza danych SOPO zawierała informację o 78658 osuwiskach i 7404 terenach zagrożonych ruchami masowymi.

Zrealizowane, zweryfikowane i wprowadzone do bazy SOPO *Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi* są sukcesywnie przekazywane jednostkom administracji samorządowej na potrzeby prowadzenia gospodarki przestrzennej. W każdym przypadku przed wprowadzeniem do bazy danych SOPO, w celu zachowania jednolitego standardu danych, cały materiał jest weryfikowany przez PIG-PIB zarówno terenowo, jak i kameralnie.

ZAGROŻENIA GEOLOGICZNE W STREFIE BRZEGOWEJ BAŁTYKU

Na wybrzeżu Morza Bałtyckiego 2023 r. nie wyróżniał się znacząco pod względem występowania geozagrożeń w porównaniu do lat poprzednich. Nie oznacza to jednak braku incydentów, które wpisują się w definicję zagrożeń geologicznych. Dominującym procesem mającym wpływ na dynamikę strefy brzegowej była erozja morska, której intensywność tradycyjnie wzrasta w okresach jesienno-zimowych sztormów.

Druga połowa grudnia 2023 r. charakteryzowała się szczególnie silnym wiatrem, co zostało odnotowane w serii

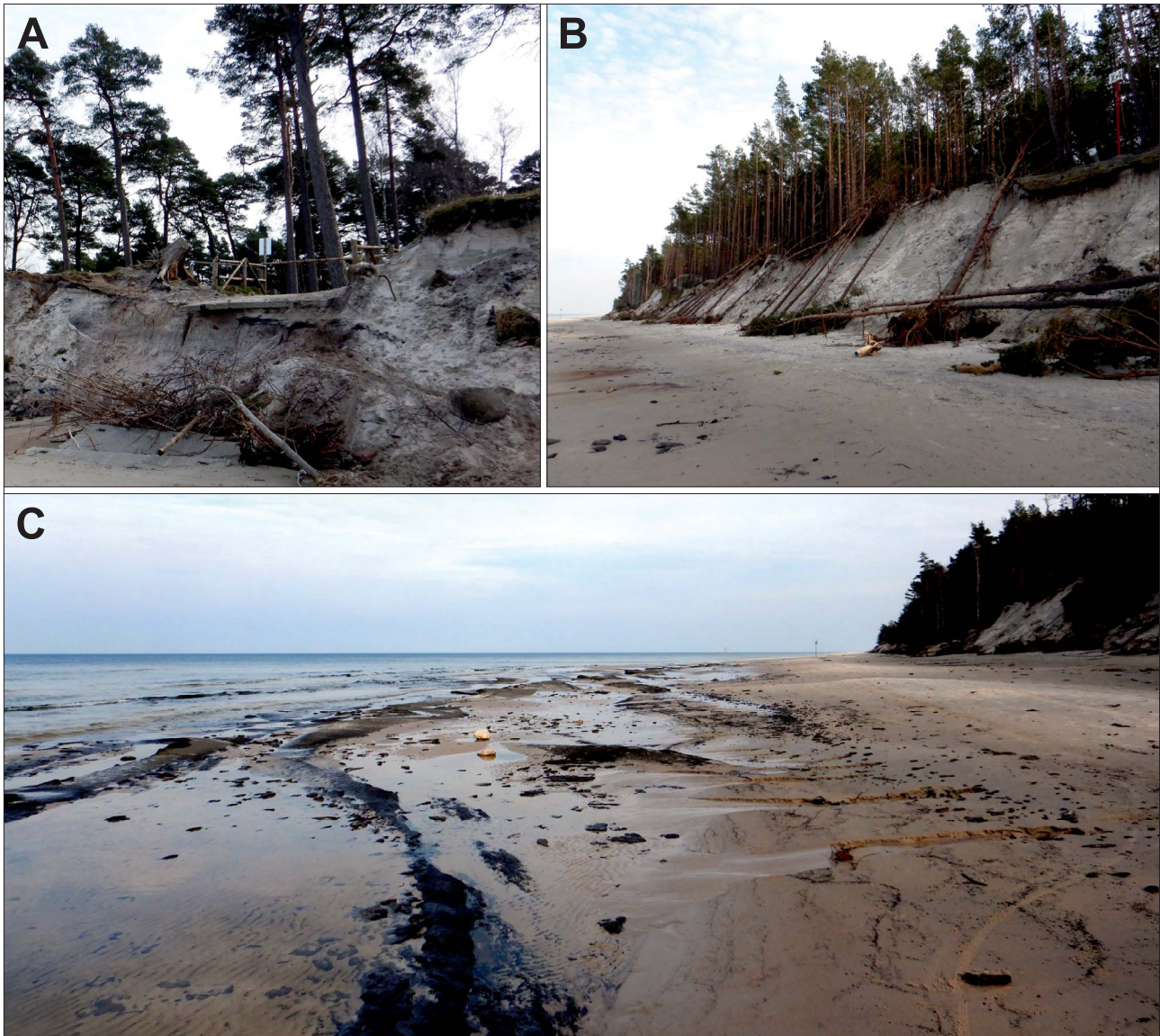
publikacji oraz ostrzeżeń meteorologicznych wydawanych przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW). Komunikaty te informowały o wietrze, którego średnia prędkość dochodziła do 65 km/h, a w porywach, szczególnie w strefie nadmorskiej, osiągała nawet 115 km/h (powiaty lęborski, wejherowski, pucki). Tak silne porywy wiatru wywołały sztormy na Bałtyku oraz przyczyniły się do spiętrzenia wód, co miało bezpośredni wpływ na stan wybrzeża. Intensywny wiatr i wywołane nim sztormy doprowadziły do znacznych zmian w strefie brzegowej, które zwróciły uwagę opinii publicznej na powagę problemu. Jednym z najbardziej dotkniętych obszarów było Lubiatowo w powiecie wejherowskim, gdzie erozja spowodowała znaczne przeobrażenia wybrzeża i straty materialne (ryc.15A, B), zwłaszcza w infrastrukturze turystycznej.

Mimo typowości procesów erozyjnych, należy zwrócić uwagę na wpływ budowy geologicznej, która może dodatkowo je potęgować. Grudniowe sztormy unaocznily, jak cennym sprzymierzeńcem w ochronie brzegów morskich jest piasek, który pełni rolę swojego fundamentu wybrzeża, przejmując siłę fal i ograniczając erozję nadbrzeża. Jego obecność jest kluczowa dla stabilności wybrzeża, a jego brak odsłania starsze warstwy osadów, które mają ograniczoną zdolność do regeneracji w warunkach brzegowych. Po ustąpieniu sztormów na powierzchni plaży pojawiły się mułki i ły, które zwykle znajduje się głębiej pod warstwą piasku (ryc. 15C). Taka sytuacja prowadzi do trwałych zmian na tym odcinku wybrzeża.

Analizowany okres na wybrzeżu Bałtyku charakteryzował się typowymi dla tego regionu procesami geologicznymi, takimi jak erozja morska. Choć większość zjawisk mieściła się w granicach normy dla tego okresu, niektóre obszary, jak Lubiatowo, odczuły bardziej znaczące skutki, które wpłynęły zarówno na infrastrukturę, jak i na krajobraz. Sytuacja ta podkreśla potrzebę stałego monitorowania oraz wdrażania działań prewencyjnych w celu ochrony strefy brzegowej przed przyszłymi zagrożeniami geologicznymi.

PODSUMOWANIE

Świadomość społeczeństwa o zagrożeniach geologicznych jest wprost proporcjonalna do intensywności przekazu medialnego na ten temat. Rok 2023 był zdominowany przez zapadliska, głównie z rejonu Trzebini. Problem często pojawiających się zapadlisk okazał się olbrzymim wyzwaniem geologicznym, górniczym, a także społecznym i politycznym. Sytuacja w Trzebini unaocznily władzom rządowym i samorządowym istotność problemu i wskazała na konieczność dokonania zmian legislacyjnych związanych z deformacjami nieciągłymi. Prace takie trwają. Badania prowadzone przez zespół państwowej służby geologicznej na tym terenie stały się pionierskie w zakresie inwentaryzacji zapadlisk. Zastosowana metodologia prac, która była znana już z badań osuwisk, okazała się niezmiernie skuteczna. Nowoczesne metody fotogrametryczne i teledetekcyjne w powiązaniu z danymi historycznymi i tradycyjnym kartowaniem geologicznym umożliwiły rozpoznanie nie tylko miejsc, w których były widoczne świeże leje zapadliskowe, ale także takich, gdzie zapadliska występowały w przeszłości, co ma kluczowe znaczenie w strategii ograniczania ryzyka zapadliskowych w przyszłości. Podniesienie świadomości społecznej w tym wymiarze przełożyło się również na wzrost liczby zgłoszeń podob-



Ryc. 15. Brzeg morski w Lubiatowie po zimowych sztormach. **A** – uszkodzone betonowy zjazd na plażę (przy zejściu nr 44); **B** – powalony las nadmorski; **C** – odsłaniające się w profilu plaży osady mułowcowo-ilaste. Fot. K. Czarnecka, materiały PIG-PIB
Fig. 15. The sea coast at Lubiatowo after the winter storms. **A** – damaged concrete path to the beach (at the descent no. 44); **B** – knocked down coastal forest; **C** – silt and clay sediments exposed in the beach profile. Photo by K. Czarnecka, PGI-PIB materials

nych problemów z innych części Polski, np. z Krakowa, z Żor, rejonu Gliwic, Hrubieszowa czy też z okolic Małogoszczy. Warto w tym miejscu zaznaczyć, że część tych zapadlisk ma genezę naturalną, a nie tylko antropogeniczną.

Rok 2023 był też szczególnie jeśli chodzi o świadomość społeczeństwa dotyczącą wstrząsów sejsmicznych. Trzęsienie ziemi na Słowacji, które odczuli również mieszkańcy południowej Polski, pokazało, że wstrząsy sejsmiczne, jakie mogą odczuwać Polacy, nie muszą być związane tylko z górnictwem. Trzęsienie to ponownie poddaje w wątpliwość stwierdzenie o tym, że Polska należy do państw asejsmicznych.

Biorąc pod uwagę obszar, jaki w Polsce obejmują osuwiska, stanowią one największe zagrożenie spośród innych zagrożeń geologicznych występujących w Polsce. Pomimo że 2023 r. nie był pod tym względem wyjątkowy, to i tak osuwiska na tle innych zagrożeń geologicznych spowodowały największe straty materialne.

Autorzy artykułu pragną podziękować wszystkim pracownikom Centrum Geozagrożeń oraz osobom z innych komórek organizacyjnych, które nam pomagały, za ciężką pracę, której wyniki stanowią podstawę do napisania niniejszego artykułu. Dziękujemy także Recenzentowi za trud włożony w sprawdzenie artykułu i trafne uwagi, które przyczyniły się do polepszenia publikacji.

LITERATURA

- BOBER L. 1984 – Rejony osuwiskowe w polskich Karpatach fliszowych i ich związek z budową geologiczną regionu. *Biul. Inst. Geol.*, 340: 115–158.
- CHUDEK M., JANUSZ W., ZYCH J. 1988 – Studium dotyczące stanu rozpoznania tworzenia się i prognozowania deformacji nieciągłych pod wpływem podziemnej eksploatacji złóż. *Zesz. Nauk. PŚl., Górnictwo*, z. 141.
- FROLIK A. 2006 – Aktualizacja prognozy zatapiania kopalni „Siersza”. *Wiad. Górn.*, 57 (11): 616–624.
- GÓRKA K., KWECKO P., RYCIO E., ZAJĄC M. 2023 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, gm. Tyrawa Wołoska, pow. sanocki, woj. podkarpackie. *Państw. Inst. Geol., Kraków*.

- GRABOWSKI D. 2023a – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, pow. aleksandrowski, woj. kujawsko-pomorskie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GRABOWSKI D. 2023b – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, pow. Płock Miasto, woj. mazowieckie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GRABOWSKI D. 2023c – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, pow. Toruń Miasto, woj. kujawsko-pomorskie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GRABOWSKI D., JURYS L., MAŁKA A., MARCINIEC P., ZIMNAL Z. 2023 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, pow. wejherowski, woj. pomorskie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GREGSEN S., WIEJACZ P., DĘBSKI W., DOMAŃSKI B., ASSINOVSKAYA B., GUTERCH B., MÄNTYNIEMI P., NIKULIN V.G., PACE-SA A., PUURA V., ARONOV A.G., ARONOVA T.I., GRÜNTAL G., HUSEBYE E.S., SLIAUPA S. 2007 – The exceptional earthquakes in Kaliningrad district, Russia on September 21, 2004. *Physic. Earth Planet. Inter.*, 164 (1–2): 63–74; doi:10.1016/j.pepi.2007.06.005
- HELMHOLTZ-CENTRE POTSDAM, 2008 – GFZ German Research Centre for Geosciences and gempa GmbH 2008. The SeisComP seismological software package. GFZ Data Services; doi: 10.5880/GFZ.2.4.2020.003
- KACZOROWSKI J., PARAFINIUK M. 2023 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, pow. puławski, woj. lubelskie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KOS J., PERSKI Z. 2023 – Raport z przeprowadzonej interwencji w związku z powstaniem nowego zapadliska przy wybudowanej obwodnicy Bolesława. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KOS J., PERSKI Z., KARWACKI K. 2023 – Raport z przeprowadzonych prac interwencyjnych w związku z powstaniem nowego zapadliska w korpusie drogowym wybudowanej obwodnicy Bolesława. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LASKOWICZ I. 2023 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, pow. Tarnobrzeg Miasto, woj. podkarpackie. Państw. Inst. Geol., Kraków.
- LASKOWICZ I., WIECZOREK D., PUDA J., STOIŃSKI A. 2023 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, pow. tarnobrzegi, woj. podkarpackie. Państw. Inst. Geol., Kraków.
- MAROSZ M., BIERNACIK D., CHILIŃSKA A., KUSEK K., WASIELEWSKA K., KITOWSKI M., KĘPIŃSKA-KASPRZAK M., ŁASZYCA E. 2023 – Charakterystyka wybranych elementów klimatu w Polsce w 2023 roku – podsumowanie. Komunikat Biura Prasowego IMGW-PIB; <https://www.imgw.pl/wydarzenia/charakterystyka-wybranych-elementow-klimatu-w-polsce-w-2023-roku-podsumowanie>
- STRZAŁKOWSKI P., ŚCIGAŁA R., SZAFULERA K., KOŁODZIEJ K. 2021 – Surface deformations resulting from abandoned mining excavations. *Energies*, 14: 1–14; <https://doi.org/10.3390/en14092495>
- SZOKAŁSKA A. 2024 – Rocznik Meteorologiczny. IMGW – PIB. Warszawa.
- USTAWA z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze. Dz.U. z 2017 r. poz. 2126, z późn. zm.
- WARMUZ B., NESCIERUK P. 2019 – Dynamika przemieszczeń wybranych osuwisk w Karpatach. *Prz. Geol.*, 67 (5): 326–331.
- WIEJACZ P., DĘBSKI W. 2004 – Podhale, Poland, earthquake of November 30, 2004. *Acta Geophys.* 57: 346–366 (2009); <https://doi.org/10.2478/s11600-009-0007-8>
- WISZNIOWSKI J., PLESIEWICZ B., HOLECZEK G. 2021 – Zastosowanie oprogramowania SWIP5 do analizy zagrożenia sejsmicznego w kopalniach. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, 5: 2–6.
- WOJCIECHOWSKI T., JURECZKA J., WÓDKA M., KAMIENIARZ S., KARWACKI K., PERSKI Z., SIKORA R., NADŁONEK W., ROLKA M., KRIEGER W., MAŚLANKA R., ZAJĄC M., PRZYŁUCKA M., STRZEMIŃSKA K., NESCIERUK P., KOS J. 2023 – Raport trzeci z prac analitycznych o deformacjach terenu w Trzebinii. Państw. Inst. Geol., Warszawa; <https://www.pgi.gov.pl/zapadliska>
- WOJCIECHOWSKI T., LASKOWICZ I., NESCIERUK P., MARCINIEC P., UŚCINOWICZ G., CZERWIŃSKI T., PERSKI Z. 2021 – Zagrożenia geologiczne w Polsce w 2020 roku. *Prz. Geol.*, 69 (5): 303–311.
- WOJCIECHOWSKI T., LASKOWICZ I., KOS J., MARCINIEC P., UŚCINOWICZ G., KARKOWSKA K., PRZYŁUCKA M., WÓDKA M., 2022 – Zagrożenia geologiczne w Polsce w 2021 roku. *Prz. Geol.*, 70 (9): 617–626.
- WOJCIECHOWSKI T., LASKOWICZ I., KOS J., MARCINIEC P., UŚCINOWICZ G., KARKOWSKA K., PRZYŁUCKA M., WÓDKA M., KAMIENIARZ S. 2024 – Zagrożenia geologiczne w Polsce w 2022 roku. *Prz. Geol.*, 72 (9): 439–450.
- WÓDKA M., KAMIENIARZ S., MARCINIEC P., JANECZEK A., BUDZIŃSKI D., BIAJGO A. 2023 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, gm. Solina, pow. leski, woj. podkarpackie. Państw. Inst. Geol., Kraków.
- WÓDKA M., KAMIENIARZ S., WOJCIECHOWSKI T., PRZYŁUCKA M., PERSKI Z., SIKORA R., KARWACKI K., JURECZKA J., NADŁONEK W., KRIEGER W., ZAJĄC M. 2024 – Post-mining deformations in the area affected by the former “Siersza” Hard Coal Mine in Trzebinia (southern Poland). *Geol. Quart.*, 68 (3); <https://doi.org/10.7306/gq.1726>
- ZIMNAL Z. 2023 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, pow. jarociński, woj. wielkopolskie. Państw. Inst. Geol., Kraków.

Praca wpłynęła do redakcji 8.11.2024 r.

Akceptowano do druku 25.11.2024 r.