

BEZPIECZEŃSTWO PRACY I OCHRONA ŚRODOWISKA W GÓRNICTWIE

3 (371) 2026

Zabezpieczanie tuneli podczas drążenia.
Analiza zdarzeń i zaplecze techniczne
w zakresie ratownictwa górniczego

Analiza mechanizmów degradacji i awarii
układu napędowego organu urabiającego
kombajnu chodnikowego

Kontrola korozji i zapobieganie uszkodzeniom
rurociągów przesyłowych w kopalniach
ropy naftowej i gazu ziemnego

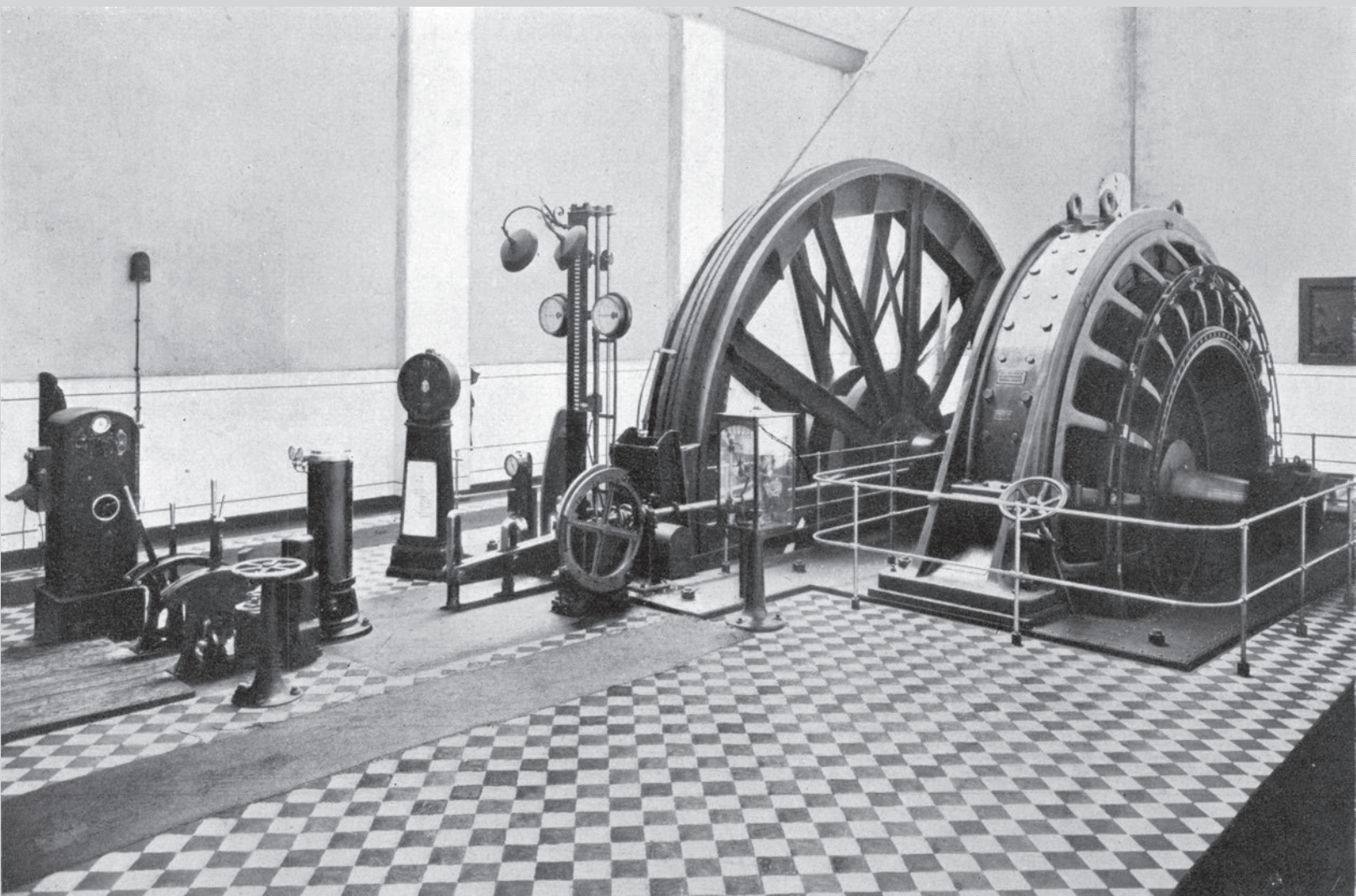
Wybrane działania profilaktyczne
w wyrobiskach zagrożonych zjawiskami
geogazodynamicznymi – studium przypadków

Wykorzystanie oprogramowania
wspomagającego analizę procesów
w czasie rzeczywistym do zarządzania
systemem transportu pionowego
w Kopalni Soli „Wieliczka” S.A.

Bezpieczeństwo w sercu natury.
Zaawansowane zarządzanie ryzykiem
związanym z makroorganizmami
w sanockim Oddziale Upstream Polska



Górnictwo na starych fotografiach



► Elektryczna maszyna wyciągowa szybu Kramsta (Krakus) kopalni „Wujek” w Katowicach.
Fot. M. Steckel, okres międzywojenny. Zdjęcie ze zbiorów Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrzu

Redaktor naczelny / Editor-in-Chief:
Piotr Wojtacha

Z-ca redaktora naczelnego / Deputy Editor:
Grażyna Dzik

Sekretarz redakcji / Co-editor:
Anna Swiniarska-Tadla

Redaktorzy działów / Branch Editors:
Jacek Bielawa, Grzegorz Gogolok, Janusz Orlof,
Zbigniew Rawicki, Alicja Stefaniak,
Małgorzata Waksmańska

Redaktor statystyczny / Statistics Editor:
Katarzyna Suszek

Redakcja prawna / Legal Edition:
Departament Prawny WUG

Redaktor językowy / Language Editor:
Iwona Guzik

Sekretariat / Secretary's office:
Samodzielny Wydział – Gabinet Prezesa

Łamanie / Type-setting and make-up:
Jacek Bielenin

Druk / Printing: Agencja Reklamowa TOP,
Włocławek

Adres redakcji / Editorial office address:
Wyższy Urząd Górniczy
ul. Poniatowskiego 31, 40-055 Katowice

tel./fax: 32 736 19 14
e-mail: czasopismo@wug.gov.pl
www.gov.pl/web/wug

Okładka / Cover: Drążenie tunelu maszynami TBM na linii kolejowej nr 104 Chabówka – Nowy Sącz. Zdjęcie: archiwum WUG

Zgodnie z przepisami wydanymi przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego wartość punktowa artykułu naukowego opublikowanego w czasopiśmie „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie” wynosi 5 punktów.

Kolejny numer kwartalnika „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie” ukaże się 18 grudnia 2026 r. – do pobrania na:
www.gov.pl/web/wug/wydania

Spis treści

- 2** Zabezpieczanie tuneli podczas drążenia. Analiza zdarzeń i zaplecze techniczne w zakresie ratownictwa górniczego / Tunnel support during excavation: Analysis of incidents and technical resources for mine rescues ■ *Mirosław Bagiński, Jerzy Krótki, Marcin Świerczek*
- 14** Analiza mechanizmów degradacji i awarii układu napędowego organu urabiającego kombajnu chodnikowego / Analysis of the mechanisms of degradation and failure of the cutting unit's drive system in a longwall shearer ■ *Sławomir Baranowski, Mariusz Szot*
- 23** Kontrola korozji i zapobieganie uszkodzeniom rurociągów przesyłowych w kopalniach ropy naftowej i gazu ziemnego / Corrosion control and prevention of transmission pipeline failures in oil and natural gas mines ■ *Dariusz Bęben*
- 30** Wybrane działania profilaktyczne w wyrobiskach zagrożonych zjawiskami geogazodynamicznymi – studium przypadków / Selected preventive measures in mine workings at risk of gas-geodynamic phenomena – case studies ■ *Nikodem Szlęzak, Tomasz Sołtysiak, Henryk Samborski*
- 40** Wykorzystanie oprogramowania wspomagającego analizę procesów w czasie rzeczywistym do zarządzania systemem transportu pionowego w Kopalni Soli „Wieliczka” S.A. / Use of software supporting real-time process analysis to manage the vertical transport system at the “Wieliczka” Salt Mine S.A. ■ *Tomasz Rokita, Rafał Pasek, Piotr Trójca*
- 47** Wypadki, katastrofy / Accidents, Disasters
- 55** Kronika / Chronicle
- 58** Normalizacja / Standardisation
- 60** Dopuszczenia do stosowania w zakładach górniczych / Approvals for Use in Mining Plants
- 62** Górnictwo na świecie / World Mining
- 63** Przegląd aktów normatywnych / Review of Legislation
- Historia i współczesność górnictwa / History and the Present Time of Mining**
- 65** Bezpieczeństwo w sercu natury. Zaawansowane zarządzanie ryzykiem związanym z makroorganizmami w sanockim Oddziale Upstream Polska / Safety at the heart of nature. Advanced management of risks associated with macroorganisms at the Sanok Branch of Upstream Polska ■ *Jarosław Holuta*
- 69** Pod osłoną węgla, czyli nielegalne przekroczenia granicy z PRL w transportach z kopalń / Under the cover of coal: illegal border crossings from the Polish People's Republic in shipments from mines ■ *Tomasz Rzechycki*

Czytaj o nas na:

facebook.com/WyzszyUrzadGorniczy/

linkedin.com/company/wyzszy-urząd-górniczny

- Prezes Wyższego Urzędu Górniczego oraz dyrektorzy okręgowych urzędów górniczych sprawują nadzór i kontrolę nad ruchem zakładów górniczych również w zakresie ratownictwa górniczego.
- W 2025 r. jednostki ratownictwa górniczego brały udział w 26 akcjach ratowniczych w zakładach górniczych, w trakcie których nie odnotowaliśmy wypadków oraz niebezpiecznych zdarzeń. Organy nadzoru górniczego pozytywnie oceniły prowadzone akcje ratownicze.



Zabezpieczanie tuneli podczas drążenia. Analiza zdarzeń i zaplecze techniczne w zakresie ratownictwa górniczego

mgr inż. Mirosław BAGIŃSKI

mgr inż. Jerzy KRÓTKI

mgr inż. Marcin ŚWIERCZEK

Centralna Stacja Ratownictwa Górniczego S.A., Bytom

TREŚĆ: Artykuł analizuje metody drążenia tuneli (NATM/NTM, TBM), identyfikuje typowe zagrożenia oraz klasyfikuje zdarzenia niebezpieczne według technologii i charakteru zjawisk (geologiczne, technologiczne, eksploatacyjne). Omówione zostały główne przyczyny awarii, niekorzystne warunki geologiczne, błędy projektowe i wykonawcze, awarie maszyn oraz czynniki zewnętrzne. Przedstawiono przykłady współczesnych niebezpiecznych zdarzeń zagranicznych (m.in. Indie, Stany Zjednoczone) oraz krajowych (Warszawa, Węgierska Górka, Łódź), wyciągnięto wnioski dotyczące przyczyn i efektywności działań ratowniczych. Szczególny nacisk położono na zaplecze techniczne ratownictwa górniczego: strukturę i wyposażenie Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego S.A. (pogotowia specjalistyczne, aparatura pomiarowa, systemy inertyzacji, pompy, sprzęt do drążenia chodników ratowniczych, aparaty oddechowe o długim czasie ochronnego działania) oraz procedury organizacji i prowadzenia akcji ratowniczych zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa. Wnioski podkreślają konieczność integracji służb ratowniczych oraz stałego doskonalenia zaplecza technicznego i szkoleń w celu minimalizowania ryzyka oraz skracania czasu reakcji, prowadzenia działań ratowniczych i likwidacji skutków katastrof, prowadzenia działań ratowniczych i likwidacji skutków katastrof w sytuacjach kryzysowych.

SŁOWA KLUCZOWE: ratownictwo górnicze; drążenie tuneli; katastrofy podczas drążenia tuneli; akcja ratownicza; sprzęt ratownictwa górniczego

1. Wstęp

Dynamiczny rozwój infrastruktury podziemnej sprawia, że budowa tuneli staje się coraz ważniejszym elementem współczesnego transportu drogowego, kolejowego i miejskiego. Realizacja tego typu inwestycji, prowadzona zarówno metodami konwencjonalnymi, takimi jak NATM i NTM, jak i z wykorzystaniem maszyn TBM, wymaga dostosowania technologii do złożonych warunków geologicznych i hydrogeologicznych. Prowadzenie robót podziemnych wiąże się jednak z występowaniem szeregu zagrożeń, których charakter i skala zależą m.in. od zastosowanej technologii, warunków górotworu oraz organizacji procesu budowlanego. Zawały i obwały, dopływy wody, zagrożenia gazowe, pożary czy awarie maszyn mogą stwarzać bezpośrednie zagrożenie dla życia i zdrowia pracowników. Ograniczona przestrzeń

oraz utrudniony dostęp do miejsca zdarzenia komplikują również prowadzenie działań ratowniczych. Wraz z rozwojem budownictwa tunelowego rośnie zatem znaczenie odpowiedniego przygotowania systemu ratowniczego, obejmującego zarówno właściwą organizację, jak i dostęp do specjalistycznego sprzętu oraz wyszkolonych kadr. Szczególne możliwości w tym zakresie posiada ratownictwo górnicze, którego doświadczenie w prowadzeniu działań w trudnych warunkach podziemnych może być wykorzystane podczas realizacji inwestycji tunelowych. W niniejszym artykule przedstawiono wybrane metody drążenia tuneli, związane z nimi zagrożenia oraz przykłady współczesnych zdarzeń w Polsce i na świecie. Omówiono też możliwości techniczne i organizacyjne Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego S.A. w Bytomiu oraz znaczenie właściwego przygotowania inwestycji tunelowych do prowadzenia akcji ratowniczych.

2. Metody drążenia tuneli

2.1. Metoda tunelowania NATM

Metoda tunelowania NATM to technika budowy oparta na wykorzystaniu geologicznych właściwości otaczającego gruntu jako części nośnej konstrukcji. Stabilizacja następuje poprzez szybkie nałożenie betonu natryskowego (torkretu), kotew i elementów wzmacniających, a wspierana jest przez ciągły monitoring w celu kontroli naprężeń. Podejście obserwacyjne metody NATM opiera się na ciągłym obserwowaniu zachowania gruntu i interpretacji danych geologicznych w celu dostosowania procesów zabudowy w czasie rzeczywistym.

Wzmocnienie aktywne polega na zastosowaniu elastycznej wstępnej obudowy z torkretu, siatki stalowej i kotew. Tunel jest drążony sekwencyjnie, małymi etapami, co minimalizuje naruszenie struktury gruntu. W skład metody NATM wchodzi zwykle obudowa wstępna (tymczasowa) oraz ostateczna obudowa betonowa, często z warstwą drenażową. Metoda ta jest bardzo wszechstronna, co pozwala na jej stosowanie w różnych warunkach geologicznych. Była ona szeroko stosowana m.in. przy budowie w Polsce:

- tunelu TS-26 na trasie S3 Bolków – Kamienna Góra, tunel wydrążony w skale (dł. ok. 2,3 km) został oddany do ruchu 31 lipca 2024 roku;
- tunelu pod Luboniem Małym (S7 „Zakopianka”), inwestycja obejmująca budowę najdłuższego wówczas pozamiejskiego tunelu drogowego (długość ok. 2 km) trwała ponad 6 lat;
- obejścia Węgierskiej Górki (S1), budowa czterech naw tunelowych w Beskidach. Inwestycja została udostępniona kierowcom 23 października 2025 roku. Odcinek ten obejmuje dwa dwunawowe tunele o długościach ok. 830 m i 1000 m.

2.2. Norweska metoda tunelowania NTM

Norweska metoda tunelowania NTM jest zasadniczo bardzo podobna do austriackiej metody tunelowania (NATM). Obie kładą nacisk na wykorzystanie naturalnej zdolności górotworu do samonośności. Wykorzystanie samonośności minimalizuje konieczność sztucznego podparcia poprzez wykorzystanie nośności otaczających mas skalnych. Inżynierowie dążą do tego, aby górotwór stał się integralną częścią ostatecznej konstrukcji tunelu. Elastyczne i obserwacyjne podejście, opisywane jako podejście typu „projektuj w trakcie” (ang. design as you go), oznacza, że faktyczne warunki gruntowe są na bieżąco monitorowane, a system podparcia dostosowywany w czasie rzeczywistym do zaobserwowanych warunków geologicznych, a nie sztywno określony z góry.

Wzmocnienie tunelu odbywa się stopniowo, w miarę postępu drążenia. Początkowe podparcie, które jest elastyczne i akceptuje pewne odkształcenia, może obejmować kombinację betonu natryskowego z włóknami (torkretu), kotew skalnych i łuków stalowych. Nieodłącznym elementem NTM (podobnie jak NATM) jest ciągłe monitorowanie zachowania górotworu oraz skuteczności zastosowanego podparcia. Pomiary przemieszczeń naprężeń pozwalają na optymalizację konstrukcji i zapewnienie bezpieczeństwa. NTM jest

norweską odmianą podejścia obserwacyjnego zbliżoną do NATM; w Polsce nie występuje jako odrębna, powszechnie stosowana metoda. Najdłuższy tunel drogowy świata Lærdal (Norwegia, długość ok. 24,5 km) był realizowany z zastosowaniem norweskiego podejścia do obserwacyjnego projektowania i doboru obudowy tunelowej.

2.3. Metoda tunelowania TBM

Metoda tunelowania TBM to nowoczesna, zmechanizowana technologia wykorzystywana do drążenia tuneli o przekroju kołowym w różnych warunkach geologicznych. Minimalizuje ona zakłócenia na powierzchni gruntu i jest często stosowana w mocno zurbanizowanych obszarach. Głównym elementem jest obrotowa głowica tnąca, która drąży grunt lub skałę. Kształt i typ narzędzi tnących na głowicy są dobierane do konkretnych warunków geologicznych (np. twarda skała, miękki grunt, warunki wodne). Wydobyty materiał (urobek) jest transportowany z przodu maszyny za pomocą przenośników taśmowych lub innych systemów (np. przenośników ślimakowych w maszynach typu EPB) do tyłu, a następnie na powierzchnię. Maszyna napędzana jest siłownikami hydraulicznymi, które naciskają na ostatnio zainstalowany fragment obudowy tunelu, pchając maszynę do przodu. Natychmiast za głowicą drążącą, w osłoniętej części maszyny, instalowane są prefabrykowane segmenty (tzw. tubingi), tworzące trwałą, segmentową obudowę tunelu. Zapewnia to natychmiastową stabilizację nowo wydrążonej sekcji.

Podczas drążenia czoło (przodek) wykopu musi być podparte przez maszynę TBM, aby zapobiec zapadnięciu się gruntu. Uzyskanie pełnej równowagi ciśnień bez strat przodka jest ekstremalnie trudne, a ich wystąpienie prowadzi do osiadania powierzchni. Skała osiadania zależy głównie od efektywności równoważenia ciśnień gruntu przez maszynę TBM i głębokości tunelu.

W Polsce metoda TBM została wykorzystana do realizacji:

- tunelu pod Świną (Świnoujście) o średnicy 13,46 m i długości 1,44 km, który łączy wyspy Uznam i Wolin, droga krajowa nr 93. Oddany do użytku we wrześniu 2023 r.;
- tunelu drogowego na S19 Rzeszów Południe – Babica (Via Carpatia), gmina Boguchwała/Babica 2023–2025 r. (przebiecie pierwszej nawy nastąpiło w styczniu 2026 r.). Drążony przez „Karpatkę” o średnicy ponad 15 m – jeden z największych TBM w Europie, tunel ma długość 2255 m (dwie nawy). Finalizacja inwestycji planowana jest w 2028 r.;
- tunelu kolejowego średnicowego w Łodzi (pod centrum miasta), łączącego stację Łódź Fabryczna z Łódź Kaliska i Łódź Żabieniec. Drążenie dwóch tuneli o łącznej długości ponad 7 km. Tarcza o średnicy 8,76 m ruszyła w lipcu 2021 r., większa o średnicy 13,04 m w listopadzie 2021 r. Prace drążeniowe będą trwały z przerwami wynikającymi z awarii oraz warunków gruntowych do 2028 r. Finalne otwarcie planowane jest na przełomie 2030 i 2031 r.;
- II linii metra w Warszawie (odcinki wolskie, bemowskie, bródnowskie). Realizacja była podzielona na wiele etapów. Główne prace drążenia TBM odby-

wały się w latach 2013–2021 r. (różne tarcze: Anna, Maria, Krystyna, Elisabetta, Wiktoria, Katarzyna). Drażenie tuneli odbywało się pod Wisłą i w gęstej zabudowie miejskiej. Poszczególne stacje oddawane były etapami (ostatnie na Bemowie i Bródnie otwarto w 2022 r.);

- tunelu kolejowego na linii nr 104 Limanowa – Kłęczany (Podłęże – Piekiełko). Do budowy tunelu kolejowego (fragmentu LK104) pod Limanową (Pisarzowa) wykorzystano dwie maszyny TBM: główną tarczę Jadwiga o średnicy 10,6 m (do drażenia tunelu kolejowego) oraz mniejszą Kinga o średnicy 4,8 m (do tunelu ewakuacyjnego). Długość wydrążonych tuneli wynosi ok. 3,75 km. Prace zostały zakończone w 2026 r.

3. Zagrożenia podczas drażenia tuneli

Analiza współczesnych inwestycji tunelowych wskazuje na istnienie bezpośredniej korelacji między stopniem skomplikowania projektu a ryzykiem wystąpienia sytuacji kryzysowych. Wzrost skali trudności wynika przede wszystkim z wydłużania nitek tuneli oraz konieczności ich drażenia w nieprzewidywalnych, często silnie nawodnionych lub niestabilnych formacjach geologicznych. Dodatkowym wyzwaniem jest powszechne stosowanie TBM. Choć jest to technologia zmechanizowana i nowoczesna, wiąże się ze specyficznymi zagrożeniami technicznymi oraz logistycznymi zwłaszcza w przypadku awarii głowicy lub pożaru wewnątrz maszyny. Wszystko to dzieje się w obliczu coraz bardziej restrykcyjnych norm bezpieczeństwa, które wymagają od wykonawców wdrażania zaawansowanych systemów prewencji, a od służb ratowniczych stałej gotowości do prowadzenia skomplikowanych akcji ratowniczych w warunkach podziemnych.

W Polsce drażenie we fliszu karpackim dodatkowo komplikuje prowadzenie robót ze względu na heterogeniczną budowę geologiczną, obecność łupków, mułowców i piaskowców, jak również liczne strefy osłabienia, spękania, uskoki oraz zmienne warunki wodonośne, co zwiększa ryzyko zawałów, nagłych dopływów wody i incydentalnych zjawisk związanych z wpływem gazów. Dodatkowe wyzwanie stanowi wysoka podatność obszarów fliszowych na rozwój osuwisk, które są jednym z najważniejszych zagrożeń geologicznych podczas wykonywania portali tuneli i robót powierzchniowych.

Zarówno w teorii, jak i w praktyce inżynierskiej podkreśla się, że ryzyko katastrof rośnie wraz z:

- zwiększeniem długości tuneli,
- złożonymi warunkami geologicznymi,
- intensywnym wykorzystaniem maszyn TBM,
- rosnącymi wymaganiami bezpieczeństwa.

3.1. Podział katastrof w tunelach ze względu na zastosowaną technologię wykonawczą

Podział katastrof w budownictwie podziemnym opiera się przede wszystkim na powiązaniu specyficznych zagrożeń z zastosowaną technologią wykonawczą. Metoda drażenia determinuje rodzaj oddziaływań między maszyną lub obudową a otaczającym gruntem, co wpływa bezpośrednio na charakter ewentualnych awarii.

Dokonanie podziału według metod NATM/NTM oraz TBM pozwala na określenie ryzyka, dobranie odpowiednich procedur zapobiegawczych oraz przygotowanie właściwego wyposażenia i taktyki działań ratowniczych.

3.2. Tunele drażone metodą NATM i NTM

W metodach konwencjonalnych, takich jak NATM i NTM, bezpieczeństwo konstrukcji opiera się na ścisłej współpracy obudowy z górotworem, co czyni te techniki szczególnie podatnymi na gwałtowne zmiany warunków gruntowych. Najpoważniejszym zagrożeniem są obwały i zawały skał oraz utrata stateczności przodka, wynikające z odsłonięcia górotworu przed nałożeniem torkretu. Równie niebezpieczne są niekontrolowane deformacje obudowy pod wpływem nadmiernych naprężeń oraz nagłe wypływy wody i kurzawki, które mogą prowadzić do zalania przodka i podmycia świeżo wykonanej konstrukcji.

Najczęstsze zagrożenia:

- obwały i zawały skał,
- niekontrolowane deformacje obudowy,
- wypływy wody i kurzawki,
- utrata stateczności przodka.

3.3. Tunele drażone maszynami TBM

W przypadku drażenia metodą zmechanizowaną (TBM) ryzyko katastrof przesuwają się w stronę awarii technicznych systemu oraz utraty kontroli nad ciśnieniem w przodku maszyny. Do najbardziej krytycznych zdarzeń należy zakleszczenie tarczy w gruncie, często wywołane nieprzewidywanym pęcznieniem skał lub zawałem materiału nad maszyną, co uniemożliwia jej dalszy postęp. Równie niebezpieczna jest utrata ciśnienia w komorze roboczej, która prowadzi do gwałtownego osiadania.

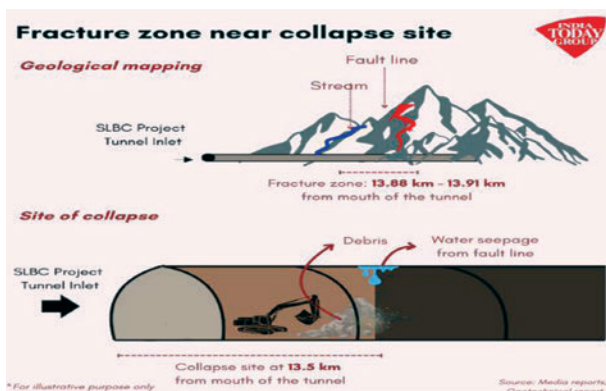
Poważne zagrożenie stanowią także awarie systemów napędowych, wstrzymujące proces drażenia w miejscach o niestabilnej geologii, oraz nagłe przebicie do nieprzewidywanych warstw wodonośnych. To ostatnie może skutkować gwałtownym zalaniem maszyny, zniszczeniem drogiej aparatury elektronicznej oraz stworzeniem bezpośredniego zagrożenia dla zdrowia i życia załogi przebywającej wewnątrz drażonego tunelu.

Typowe katastrofy:

- zakleszczenie tarczy,
- awarie systemów napędowych,
- utrata ciśnienia w komorze roboczej,
- przebicie do nieprzewidywanych warstw wodonośnych.

3.4. Podział według charakteru zjawiska

Podział zdarzeń niebezpiecznych według charakteru zjawiska pozwala na dopasowanie strategii działań ratowniczych do konkretnego typu zagrożenia występującego podczas drażenia tuneli: od gwałtownych ruchów masywu skalnego, przez awarie systemów mechanicznych, aż po incydenty logistyczne wewnątrz wyrobiska tunelowego. Zdarzenia te mają istotne znaczenie dla sprawnego realizacji zadań podczas prowadzenia akcji



► Rys. 1. Schemat strefy uskokowej w rejonie miejsca zawалу

► Fig. 1. Diagram of the fault zone near the collapse site

ratowniczej. Przedstawione w artykule zestawienie dzieli zdarzenia na grupy geologiczne, technologiczne i eksploatacyjne, wskazując na ich specyficzne cechy, które determinują dobór specjalistycznego sprzętu ratowniczego. Do klasycznych kategorii należy również włączenie zagrożeń gazowych, obecność i nagłe uwolnienia gazów (np. metanu) znacząco zmieniają taktykę działań, wymagają ciągłego monitoringu gazowego, systemów wentylacyjnych o dużej wydajności, procedur odcięcia źródeł ewentualnego zapłonu oraz specjalistycznego sprzętu ochrony osobistej i detekcji. Integracja zagrożeń gazowych z klasyfikacją pozwala na pełniejsze przygotowanie planów ratowniczych, właściwy dobór środków ochrony i szybką adaptację taktyki w warunkach podwyższonego ryzyka.

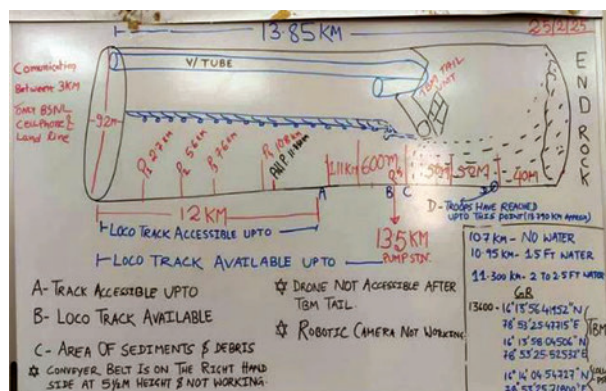
3.4.1. Zjawiska geologiczne

Zjawiska o charakterze geologicznym wynikają bezpośrednio z nieprzewidywanych reakcji masywu skalnego lub gruntu na proces drążenia. Do najgroźniejszych należą zawaly skał oraz osunięcia mas ziemnych, które mogą prowadzić do zasypania przodka i zniszczenia wykonanej obudowy. Równie krytycznym zagrożeniem są nagłe wypływy wody pod wysokim ciśnieniem oraz przebicie do naturalnych pustek krasowych, które stwarzają ryzyko zalania tunelu, wymuszając natychmiastową ewakuację załogi i użycie specjalistycznych pomp o ogromnej wydajności. Katastrofy o charakterze geologicznym możemy sklasyfikować następująco:

- zawaly skał,
- osunięcia mas ziemnych,
- wypływy wody pod ciśnieniem,
- przebicie do pustek krasowych.

3.4.2. Zagrożenie metanowe

Możliwość występowania metanu w wyrobiskach tunelowych stanowi specyficzne i poważne zagrożenie związane z lokalnymi warunkami geologicznymi i tektonicznymi, szczególnie w regionach o występowaniu warstw węglonośnych, szczelinowych systemów skalnych lub przy przekrojach przecinających stare wyrobiska górnicze. Metan jest gazem bezwonny i wybuchowym w szerokim zakresie stężeń, a jego nagłe uwolnienie do przestrzeni roboczej może w niesprzy-



► Rys. 2. Szkic sytuacyjny rejonu miejsca zawalu

► Fig. 2. Layout sketch of the tunnel collapse zone

jających okolicznościach doprowadzić do katastrofy. W przypadku wykrycia podwyższonego stężenia metanu działania ratownicze muszą priorytetowo obejmować: natychmiastowe wstrzymanie prac, wycofanie pracowników z zagrożonej strefy, zablokowanie źródeł zapłonu, wzmocnienie wentylacji i pomiary kontrolne.

3.4.3. Awarie technologiczne

Awary technologiczne wynikają bezpośrednio z błędów ludzkich oraz zawodności systemów technicznych wykorzystywanych podczas budowy tuneli. Zagrożeniem są m.in. błędy projektowe i niewłaściwy dobór obudowy, które mogą prowadzić do niedoszacowania sił działających na konstrukcję i jej przedwczesnego zniszczenia. Równie niebezpieczne jest nieprawidłowe prowadzenie robót, naruszające reżim technologiczny, oraz poważne awary maszyn TBM, które w krytycznych momentach drążenia unieruchamiają systemy wspierania przodka, stwarzając ryzyko zapadnięcia się terenu nad tunelem.

Awary technologiczne możemy podzielić ze względu na:

- błędy projektowe,
- niewłaściwy dobór obudowy,
- nieprawidłowe prowadzenie robót,
- awarii maszyn TBM.

3.4.4. Wypadki eksploatacyjne

Wypadki eksploatacyjne podczas drążenia tuneli stanowią grupę zagrożeń związanych z funkcjonowaniem zaplecza technicznego i logistyką wewnątrz budowanego obiektu. Najpoważniejszym z nich są pożary maszyn i instalacji, które w ograniczonej przestrzeni prowadzą do błyskawicznego zadymienia i odcięcia dróg ewakuacyjnych. Kolizje pojazdów transportujących urobek lub prefabrykaty mogą trwale zablokować wąskie drogi transportowe i w efekcie sparaliżować ewentualną akcję ratowniczą. Równie krytyczne są awary systemów wentylacyjnych.

Wypadki eksploatacyjne możemy pogrupować w następujący sposób:

- kolizje pojazdów,
- awary wentylacji,
- awary systemów energetycznych.



► Rys. 3. Działania ratownicze w rejonie zawalu
► Fig. 3. Rescue operations in the collapse zone



► Rys. 4. Poszukiwanie szczątków ludzkich w zawale
► Fig. 4. Search for human remains in the tunnel collapse

3.5. Współczesne światowe katastrofy podczas drążenia tuneli

Analiza współczesnych katastrof tunelowych na świecie stanowi materiał badawczy dla służb ratowniczych, pozwalający na identyfikację mankamentów różnych technologii drążenia. Opisane zdarzenia dowodzą, że zawodzić mogą zarówno tradycyjne metody górnicze, jak i najnowocześniejsze maszyny TBM, a o powodzeniu akcji ratowniczej decyduje często połączenie innowacyjnej technologii z nieszablonywym wykorzystaniem metod tradycyjnych oraz sprawnością jednostek ratownictwa specjalistycznego.

3.5.1. Katastrofa w indyjskim drążonym tunelu Srisaïlam Left Bank

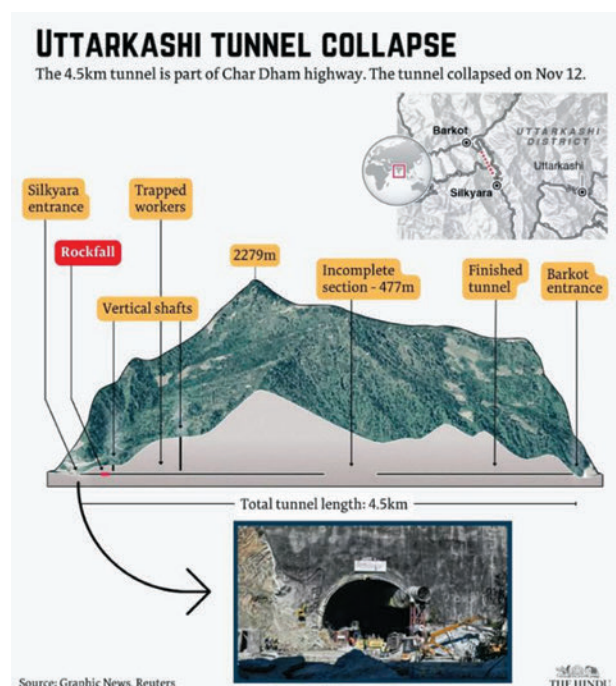
22 lutego 2025 r. w tunelu Srisaïlam Left Bank Canal (SLBC) w dystrykcie Nagarkurnool (Telangana, Indie) doszło do gwałtownego wdarcia wody i szlamu, które spowodowało zawalenie przodka tunelu i uwięzienie ośmiu pracowników. Zdarzenie miało miejsce w warunkach bardzo skomplikowanego górzystego pasma Nallamala Hills, w rejonie o udokumentowanych strefach uskokowych (rys. 1).

Dostępne relacje wskazują, że niewielki przeciek, uznany za zjawisko rutynowe, był wczesnym sygnałem awarii. Jego eskalacja doprowadziła do niekontrolowanego wdarcia wody i luźnego urobku, uszkodzenia obudowy przodka oraz zawalu stropu w bezpośrednim sąsiedztwie maszyny TBM. Akcja ratownicza była wieloetapowa i wymagała zaangażowania licznych służb: NDRF (Krajowa Siła Reagowania na Katastrofy), wyspecjalizowanej formacji centralnej do działań poszukiwawczo-ratowniczych przy katastrofach, oraz SDRF (Stanowa Siła Reagowania na Katastrofy), formacji stanowej zapewniającej szybką lokalną interwencję. Do działań włączono także Siły Zbrojne Indii, specjalistów od tuneli oraz doświadczonych górników i ratowników górniczych. Zwrócono się również o wsparcie do Międzynarodowej Organizacji Ratownictwa Górniczego – International Mine Rescue Body (IMRB), w tym do Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego S.A. (dalej: CSRG S.A.), w której zespół doradczy na bieżąco analizując online stan katastrofy, rekomendował zespołom ratowniczym (rys. 2).

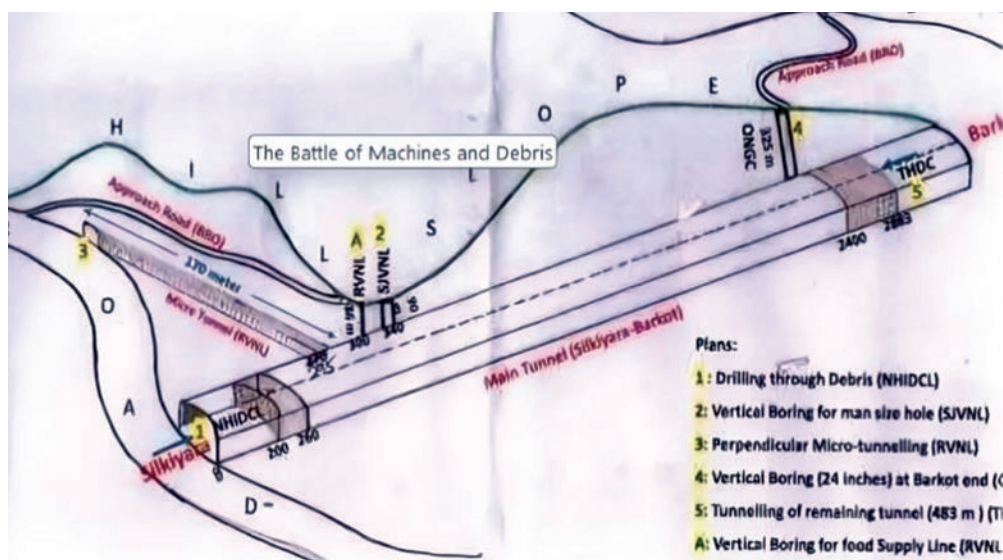
Działania ratownicze obejmowały m.in. utrzymanie właściwego przewietrzania, intensywne odpompowywanie wody, mechaniczne i ręczne usuwanie urobku, przywrócenie i wykorzystanie przenośnika taśmowego, cięcie elementów TBM oraz zastosowanie technologii zdalnych robotów inspekcyjnych i psów do wykrywania szczątków ludzkich (rys. 3 i 4).

Ze względu na niestabilność ostatnich kilkudziesięciu metrów strefy zawalu bezpośrednie wejścia ratowników były ograniczone, akcja stopniowo przeszła z fazy ratunkowej w fazę odzysku infrastruktury, a w marcu 2025 r. potwierdzono odnalezienie ciał niektórych pracowników. Po wydobyciu dwóch ciał sześć osób pozostawało nieodnalezionych i było oficjalnie uznanych za zaginione, a rząd wypłacił odszkodowania rodzinom wszystkich pracowników.

Parametry tunelu i zakres awarii, według dostępnych informacji, przedstawiały się następująco: docelowa długość tunelu wynosiła ok. 44 km, przekrój ok. 9,36 m



► Rys. 5. Przekrój geologiczno-inżynierski masywu skalnego w osi drążonego tunelu
► Fig. 5. Engineering-geological cross-section of the rock mass along the tunnel axis



► Rys. 6. Strategia wielowariantowego prowadzenia akcji ratowniczej

► Fig. 6. Multi-agency and multi-directional rescue strategy

(ok. 30,7 stopy), ratownicy pracowali w rejonie ok. 14 km od wlotu, a bezpośrednio dotknięta strefa zawału obejmowała ok. 150–200 m, z ostatnimi ~50 m uznanymi za szczególnie niebezpieczne dla wejścia ludzi. Mechanizm awarii najprawdopodobniej obejmował lokalne osłabienie obudowy, gwałtowny napływ wody przez szczeliny i pęknięcia oraz wtórne zawalenie stropu, co w połączeniu z uszkodzonym TBM uniemożliwiło szybką ewakuację.

3.5.2. Katastrofa w indyjskim drążonym tunelu Silkyara – Barkot (Himalaje)

12 listopada 2023 r. o godzinie 05:30 na 270 m od portalu wlotowego drążonego tunelu drogowego Silkyara Bend – Barkot w dystrykcie Uttarkashi (Indie, pasmo Himalajów) doszło do zawału spękanych skał osadowych i łupków, co zapoczątkowało trwającą siedemnaście dni podziemną akcję ratowniczą. Akcja ratownicza odbywała się w rejonie o wysokiej geologicznej niestabilności górotworu, spowodowanej bliskością strefy aktywnego uskoku tektonicznego (rys. 5). Zaangażowano ponad 200 ratowników, w tym indyjskie formacje ratownictwa kryzysowego NDRE, wojsko.

Pierwotne wyrobisko tunelowe, którego projektowana długość wynosiła 4,53 km, realizowane było metodą NATM. W momencie wystąpienia zawału w strefie przyprzodkowej pozostawał rurociąg technologiczny o średnicy 120 mm, który następnie wykorzystano jako kanał komunikacji z uwięzionymi pracownikami. Wykorzystanie istniejącej infrastruktury w pierwszej fazie akcji ratowniczej umożliwiło tłoczenie sprężonego powietrza, wody i pakietów medycznych. Ze względu na wysokie ryzyko inicjacji wtórnych tąpnięć tektonicznych i obwałów grawitacyjnych sztab akcji wdrożył zintegrowaną strategię pięciu zdyspersyfikowanych planów akcji (rys. 6). Kierunkiem działań o najwyższym prioryecie czasowym był plan A(1), polegający na horyzontalnym wierceniu ratowniczym bezpośrednio przez centrum zawału od strony portalu Silkyara. Metodyka zakładała bezwykopowe pchanie stalowych rur osłonowych

o średnicy zewnętrznej 800–900 mm za pomocą techniki pchania hydraulicznego przy użyciu amerykańskiej wiertnicy ślimakowej (auger boring machine) o wysokim momencie obrotowym. Choć faza początkowa charakteryzowała się dużym postępem liniowym, w czternastej dobie operacji na 45 m przewiertu świder maszyny napotkał metaliczną przeszkodę w postaci zgniecionych, stalowych elementów obudowy pierwotnej, co doprowadziło do pęknięcia wału napędowego, zablokowania przewodu rury i trwałego unieruchomienia mechanicznego.

Niepowodzenie planu A(1) spowodowało przejście do planu B(2), przewidującego odwiercenie pionowego otworu ratowniczego o dużej średnicy (ok. 700 mm) ze szczytu masywu górskiego bezpośrednio nad pustką, w której schronili się pracownicy. Realizację tego wariantu powierzono korporacjom, przy czym kluczowe było wykonanie nowej drogi dojazdowej o długości 1,15 km w celu mobilizacji ciężkich, wielkotonażowych platform wiertniczych. Równolegle wdrożono plan C(3), polegający na precyzyjnym mikrotunelowaniu prostym do osi podłużnej głównego tunelu, ukierunkowanego na wykop boczny chodnika ratowniczego omijającego strefę spękań i przemieszczeń strukturalnych.

Kolejną niezależną linię akcji ratowniczej stanowił plan D(4), w ramach którego podjęto aktywne drążenie klasycznego chodnika ratunkowego od przeciwległej strony masywu, to jest od portalu Barkot, z zastosowaniem kontrolowanych metod strzałowych w nienaruszonej strukturze skalnej. Jako ostateczną linię obrony inżyniernej opracowano plan E(5), będący projektem nowego tunelu udostępniającego o całkowitej długości 483 m, który miał stanowić stabilne geometryczne obejście rejonu.

Ostateczny przełom w akcji ratowniczej przyniósł jednak powrót do tradycyjnych technik manualnych, stanowiących modyfikację planu A(1). Po mechanicznym wycięciu zablokowanego świda do wnętrza stalowej rury osłonowej wprowadzono zespół indyjskich ratowników górniczych. Ratownicy, pracując w skrajnie ograniczonej przestrzeni, przy użyciu ręcznych narzędzi pneumatycznych oraz łopat wybrali i przetranspor-



► Rys. 7. Działania ratownicze w rejonie zawalu

► Fig. 7. Rescue operations in the collapse zone

towali 12 m zagęszczonego urobku skalno-błotnego (rys. 7). Faza finałowa akcji ratowniczej została pomyślnie zwieńczona 28 listopada 2023 r., kiedy po osiągnięciu pełnego przebicia na dystansie 59,49 m wyspecjalizowane zespoły ratownicze wprowadziły do wnętrza stalowej kapsuły ochronnej zmodyfikowane nosze ewakuacyjne, bezpiecznie ewakuując 41 uwięzionych pracowników bez żadnych obrażeń fizycznych.

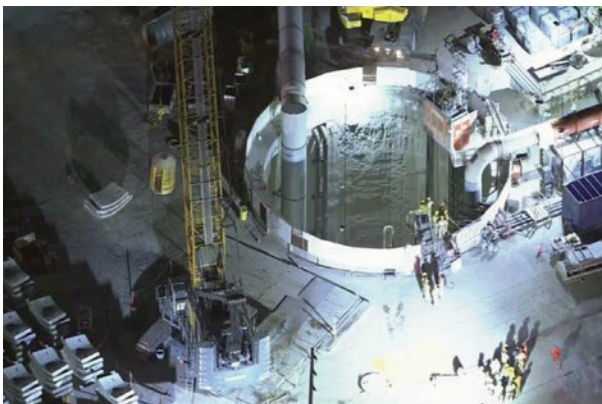
3.5.3. Katastrofa w Los Angeles – zawalenie drążonego tunelu przemysłowego

9 lipca 2025 r. w południowej części Los Angeles, w dzielnicy Wilmington, nastąpiło częściowe zawalenie odcinka tunelu realizowanego w ramach projektu Clearwater (modernizacja systemu odprowadzania ścieków). Zdarzenie miało miejsce na głębokości około 400 stóp (ok. 120 m) i dotyczyło odcinka położonego w przybliżeniu 5–6 mil (ok. 7–10 km) od jednego szybu wejściowego. W momencie awarii w tunelu przebywało 27 pracowników; cztery kolejne osoby weszły później, w sumie zagrożonych było 31 osób. Po zawaleniu pra-

cownicy musieli pokonać rumowisko skalne o wysokości szacowanej na 12–15 stóp (ok. 3,6–4,6 m), aby dotrzeć do bezpieczniejszego odcinka tunelu. Część załogi wykorzystała maszynę TBM jako punkt zborny. Do ewakuacji użyto specjalnie przystosowanego pojazdu tunelowego, który przewiózł ich w kierunku szybu, skąd byli podnoszeni na powierzchnię przy użyciu dźwigu (rys. 8) i kapsuły ratowniczej (rys. 9). Pojazd wykorzystany do ewakuacji w szybie był podobny do PWR (przewoźny wyciąg ratowniczy), podstawowego wyposażenia zawodowego pogotowia specjalistycznego CSRG S.A. W działaniach ratowniczych uczestniczyło ponad 100 funkcjonariuszy Los Angeles Fire Department, w tym zespoły Urban Search and Rescue. Wszyscy pracownicy zostali ostatecznie ewakuowani bez poważnych obrażeń.

3.6. Współczesne katastrofy i zdarzenia wypadkowe podczas drążenia tuneli w Polsce

Analiza krajowych katastrof oraz zdarzeń wypadkowych pokazuje, że dynamiczny rozwój infrastruktury tunelowej w Polsce, obejmujący górskie trasy drogowe,



► Rys. 8. Dźwig użyty podczas akcji ratowniczej

► Fig. 8. Crane deployed during the rescue operation



► Rys. 9. Ewakuacja pracowników z wykorzystaniem kapsuły transportowej podwieszonej do dźwigu

► Fig. 9. Evacuation of workers using a crane hoisted rescue cage

kolejowe i skomplikowane systemy komunikacji miejskiej, niesie ze sobą pełen wachlarz ryzyk geotechnicznych i realizacyjnych w zakresie ratownictwa górniczego.

Przedstawione przypadki z Węgierskiej Górki, Warszawy oraz Łodzi pokazują, że zagrożenia różnią się w zależności od lokalizacji i wybranej technologii. Każde z tych zdarzeń (od nagłych zawałów skał po katastrofy budowlane kamienic) stanowi ważną lekcję dla inżynierów i służb ratowniczych, wymuszając stałe doskonalenie systemów monitoringu oraz procedur ewakuacyjnych.

3.6.1. Katastrofa podczas drążenia tunelu TD-2.1

25 maja 2021 roku podczas realizacji prac drążeniowych metodą NATM w tunelu TD-2.1 (rys. 10), stanowiącym element obejścia Węgierskiej Górki na trasie S1, doszło do gwałtownego pogorszenia stabilności górotworu. Na odcinku ok. 10 m nastąpił zawał skał stropowych, poprzedzony wyraźnymi deformacjami obudowy wstępnej. Dzięki ciągłemu monitorowaniu parametrów geotechnicznych i właściwej interpretacji sygnałów ostrzegawczych z aparatury pomiarowej załoga została ewakuowana jeszcze przed wystąpieniem obsunięcia mas skalnych.

Działania po wystąpieniu zawału skupiły się na natychmiastowej stabilizacji sąsiednich sekcji tunelu, aby zapobiec dalszej degradacji struktury. Wdrożono specjalistyczne procedury wzmacniające, obejmujące wykonanie iniekcji cementowych i montaż dodatkowych systemów kotwienia, co pozwoliło na bezpieczne zabezpieczenie przodka. Operacja ta, prowadzona pod ścisłym nadzorem Okręgowego Urzędu Górniczego w Krakowie, wymagała pełnej weryfikacji założeń projektowych oraz dostosowania technologii drążenia do skrajnie trudnych warunków geologicznych panujących w tym rejonie. Incydent ten stanowi istotne studium przypadku w zakresie zarządzania ryzykiem w budownictwie podziemnym, podkreślając rolę monitoringu w czasie rzeczywistym jako nadrzędnego narzędzia zapewniającego bezpieczeństwo pracy górniczej.

3.6.2. Katastrofa podczas drążenia tunelu metra w Warszawie

Budowa centralnego odcinka II linii metra w Warszawie realizowana była przy użyciu zaawansowanej technologii zmechanizowanych tarcz drążących typu EPB (Earth Pressure Balance) o średnicy 6,27 m. Metoda ta, oparta na równoważeniu ciśnienia gruntu w czole tarczy, została dobrana ze względu na skomplikowane warunki hydrogeologiczne doliny Wisły. W nocy z 13 na 14 sierpnia 2012 roku, podczas prac pomocniczych polegających na drążeniu przejścia podziemnego pod tunelem Wisłostrady w obrębie stacji C13 (Centrum Nauki Kopernik), doszło do nagłego przebicia hydraulicznego (rys. 11 i 12). Zjawisko to nastąpiło w warstwie nawodnionych piasków rzecznych, co doprowadziło do gwałtownego wdarcia się kurzawki do wnętrza wykopu stacyjnego.

W wyniku awarii w ciągu zaledwie kilku godzin do wnętrza stacji przedostało się około 6500 m³ urobku wodno-gruntowego, co spowodowało powstanie ogromnej kawerny pod konstrukcją tunelu Wisłostrady



► Rys. 10. Prace drążeniowe prowadzone w tunelu z wykorzystaniem koparki gąsienicowej

► Fig. 10. Excavation works inside the tunnel using a crawler excavator

oraz przyczółkiem Mostu Świętokrzyskiego, usunięcie skutków wymagało m.in. wypełnienia kawerny betonem około 5000 m³ oraz iniekcji niskociśnieniowych. Ciśnienie hydrodynamiczne wody gruntowej, znajdującej się na tym obszarze na poziomie ok. 8–10 m powyżej dna wykopu, uniemożliwiło natychmiastowe zatamowanie wycieku metodami konwencjonalnymi. Skutkiem tego procesu było osiadanie terenu i realne zagrożenie statyki obiektów naziemnych, co wymusiło zamknięcie arterii komunikacyjnej miasta na 10 miesięcy. Usuwanie skutków katastrofy wymagało zastosowania środków inżynierskich, w tym wpompowania w powstałą pustkę blisko 5000 m³ mieszanek betonowych oraz niskociśnieniowych iniekcji uszczelniających.

3.6.3. Katastrofa podczas drążenia tunelu kolejowego średnicowego w Łodzi

Podczas realizacji strategicznego projektu kolejowego w Łodzi, mającego na celu połączenie stacji Łódź Fabryczna z zachodnią częścią miasta, we wrześniu 2024 roku doszło do gwałtownego naruszenia stateczności konstrukcji kamienicy przy Alei 1 Maja 23. Zdarzenie miało miejsce w trakcie przejścia pod budynkiem wielkośrednicowej tarczy TBM o nazwie Katarzyna, posiadającej głowicę skrawającą o średnicy zewnętrznej 13,04 m. Maszyna ta, przeznaczona do drążenia dwutorowego tunelu o długości ok. 3 km, pracowała w specyficznym, łódzkim podłożu zdominowanym przez nawodnione piaski, żwiry oraz gliny zwałowe, co przy tak dużej średnicy tarczy generowało ekstremalne wyzwania geotechniczne. Drążenie spowodowało przemieszczenia gruntu, które doprowadziły do utraty nośności fundamentów oficyny budynku, a w konsekwencji do całkowitego zawalenia się ściany szczytowej oraz stropów na wszystkich kondygnacjach.

Z technicznego punktu widzenia proces drążenia tarczą typu EPB (Earth Pressure Balance) o masie ponad 2200 t wymagał precyzyjnego równoważenia parcia gruntu w komorze urobkowej, jednak stan techniczny XIX-wiecznej zabudowy oraz brak pełnej ciągłości konstrukcyjnej fundamentów kamienicy uniemożliwiły bezpieczne przejęcie naprężeń wywołanych przemieszczeniem mas ziemnych. Skuteczna ewakuacja mieszkańców, przeprowadzona prewencyjnie przed wej-



► Rys. 11. Początkowa faza wypływu gruntu po przebicju stropu wyrobiska

► Fig. 11. Initial phase of soil outflow following the breakthrough of the excavation roof



► Rys. 12. Widok rejonu czoła przodka po wystąpieniu przebiccia hydraulicznego

► Fig. 12. View of the tunnel face area after a hydraulic blowout

ściami tarczy w strefę kolizyjną, pozwoliła uniknąć ofiar w ludziach, mimo że dynamika zniszczenia obiektu była nagle i nieodwracalna. Incydent ten stał się przedmiotem szerokich analiz inżynierskich dotyczących bezpieczeństwa drażenia tuneli wielkośrednicowych w gęstej zabudowie miejskiej o niskiej odporności strukturalnej.

4. Zaplecze techniczne ratownictwa górniczego wykorzystywane podczas drażenia tuneli

Skuteczne prowadzenie akcji ratowniczych w specyficznym środowisku drażonych tuneli wymaga zaangażowania sił i środków wykraczających poza standardowe wyposażenie służb. Kluczową rolę w tym systemie odgrywa CSRG S.A. w Bytomiu, dysponująca unikatowym w skali kraju zapleczem technicznym oraz kadrą wyszkoloną do pracy w ekstremalnych warunkach podziemnych. Dzięki funkcjonowaniu m.in. wyspecjalizowanych, zawodowych pogotowi specjalistycznych CSRG S.A. zapewnia kompleksowe wsparcie w zadaniach ratowniczych i profilaktycznych: od precyzyjnego określenia składu i inertyzacji powietrza kopalnianego, przez zaawansowane techniki wykonywania chodników ratowniczych w zawalisku, aż po specjalistyczne działania wysokościowe i wodne.



► Rys. 13. Zawalona ściana szczytowa kamienicy przy Al. 1 Maja 23 w Łodzi; widoczne uszkodzenia konstrukcji powstałe w wyniku przemieszczeń gruntu podczas przejścia tarczy TBM Katarzyna

► Fig. 13. Collapsed gable wall of the tenement at 1 Maja Avenue 23 in Łódź; structural damage caused by ground movements during the passage of the TBM Katarzyna

Na wyposażeniu jednostki znajdują się systemy ochrony układu oddechowego o wydłużonym czasie działania (aparaty regeneracyjne o obiegu zamkniętym) niezbędne przy pracy w tunelach, gdzie atmosfera niezdarna do oddychania może występować na dużych odległościach. Należy podkreślić, że aparaty powietrzne jedno- i dwubutlowe ze względu na ograniczony czas działania mogą nie być wystarczającym zabezpieczeniem do długotrwałych akcji ratowniczych prowadzonych w rozległych tunelach. Kompetencje i nowoczesne wyposażenie specjalistycznych służb ratowniczych CSRG S.A. stanowią fundament efektywności oraz bezpieczeństwa realizacji najbardziej wymagających akcji ratowniczych.

4.6. Zawodowe Pogotowia Specjalistyczne Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego S.A. w Bytomiu

Pogotowia specjalistyczne biorą udział w akcjach ratowniczych wymagających użycia specjalistycznego sprzętu. Zgodnie z przepisami rozporządzenia w sprawie ratownictwa górniczego CSRG S.A. dysponuje sześcioma pogotowiami specjalistycznymi:

- Pogotowie Specjalistyczne Pomiarowe,
- Pogotowie Specjalistyczne Górniczo-Techniczne,
- Pogotowie Specjalistyczne Przewoźnych Wyciągów Ratowniczych,
 - specjalistyczne zastępy/grupy ratownicze do prac z użyciem technik alpinistycznych,
- Pogotowie Specjalistyczne Przeciwpowodziowe,
- Pogotowie Specjalistyczne do Inertyzacji Powietrza Kopalnianego,
- Pogotowie Specjalistyczne Wodne,
 - specjalistyczne zastępy/grupy ratownicze do wykonywania prac z zastosowaniem technik nurkowych.

4.6.1. Pogotowie Specjalistyczne Pomiarowe

Pogotowie Specjalistyczne Pomiarowe wyposażone jest w nowoczesny sprzęt pomiarowy, taki jak chromatografy i przyrządy podręczne, wykorzystywany podczas prac związanych z monitorowaniem i likwidacją zagrożenia pożarowego, pomiarów powietrza i gazów poza-

rowych oraz oceny stopnia wybuchowości mieszanin gazowych podczas akcji ratowniczych w podziemnych wyrobiskach.

Zakres działania Pogotowia Specjalistycznego Pomiarowego:

- wykonywanie pomiarów powietrza i gazów pożarowych oraz przekazywanie ich wyników do kierownictwa akcji;
- wykonywanie innych specjalistycznych pomiarów w podziemnych wyrobiskach górniczych lub na powierzchni kopalni, kontrola i konserwacja aparatury pomiarowej.

Wyposażenie Pogotowia Specjalistycznego Pomiarowego stanowią:

- wóz bojowy Pogotowia Specjalistycznego Pomiarowego;
- zestaw chromatografu przystosowany do pracy pod ziemią;
- zestawy urządzeń do zdalnego pobierania prób do analizy chemicznej powietrza i gazów pożarowych (pompy akumulatorowe);
- przenośny zestaw komputerowy do oceny zagrożenia wybuchem mieszanin gazowych;
- zestawy urządzeń do zdalnego pomiaru temperatury gazów pożarowych w wyrobiskach górniczych;
- indywidualne przyrządy pomiarowe do pomiaru temperatury i wilgotności powietrza kopalnianego oraz zawartości CH_4 , CO_2 , CO i O_2 ;
- przyrząd do pomiaru ciśnienia bezwzględnego powietrza pod ziemią oraz do pomiaru różnicy ciśnień;
- linia chromatograficzna służąca do pobierania prób powietrza kopalnianego celem analizy mieszaniny gazowej w wyrobiskach górniczych;
- urządzenia (transformatory) służące do zasilania stanowiska pomiarowego w trakcie prowadzenia akcji ratowniczych i prac profilaktycznych;
- autonomiczne urządzenia zasilania rezerwowego (zasilacze akumulatorowe).

4.6.2. Pogotowie Specjalistyczne Górniczo-Techniczne

Pogotowie Specjalistyczne Górniczo-Techniczne przewidziane jest do specjalistycznych prac podczas akcji po zawałach i tąpnięciach. Ratownicy tego pogotowia docierają do uwieczonych uszkodzonych, wykonując również chodniki ratownicze czy specjalne otwory ewakuacyjne. Pogotowie Specjalistyczne Górniczo-Techniczne prowadzi działalność interwencyjną, udzielając pomocy kopalniom i górnikom w sytuacjach zagrożenia zawałami skał oraz tąpnięciami. Zajmuje się usuwaniem skutków tych zdarzeń i przywracaniem bezpiecznych warunków pracy w wyrobiskach górniczych.

Wyposażenie Pogotowia Specjalistycznego Górniczo-Technicznego stanowią m.in.:

- podnośniki i rozpieracze hydrauliczne wykorzystywane podczas działań ratowniczych, w których praca wykonywana jest poprzez: unoszenie, rozpieranie, podpieranie oraz ciągnięcie;
- nożyce hydrauliczne i nożyco-rozpieracze, czyli hydrauliczne narzędzia ratownicze przeznaczone do wykonywania wszelkich czynności, podczas których realizowane jest cięcie, odcinanie czy nacinanie konstrukcji i profili metalowych;

- przecinak do lin i kabli;
- kliny hydrauliczne stosowane najczęściej podczas rozpierania (rozsuwania) elementów konstrukcyjnych o znacznej masie, gdy przestrzeń między nimi jest zbyt mała, by osadzić inne narzędzie;
- przecinarki tarczowe do wykonywania bardzo głębokich cięć;
- kliny hydrauliczne do bezударowego i bezdetonacyjnego rozrywania skał tam, gdzie nie można wykorzystać materiałów wybuchowych lub urządzeń udarowych;
- młoty udarowe i wiertarki z napędem elektrycznym, hydraulicznym oraz powietrznym;
- stojaki hydrauliczne stosowane zarówno jako bezpośrednia, jak i pośrednia podpora stropu, a także rumowiska skalnego, gdy wykonywany jest np. chodnik ratowniczy;
- przenośniki zgrzebłowe ratownicze stosowane do transportowania brył skalnych z rumowiska wyrobiska górniczego podczas drążenia tunelu ratowniczego;
- systemy przeznaczone do lokacji górników zasypanych lub odciętych przez zawał w wyrobiskach górniczych;
- agregaty hydrauliczne zasilające narzędzia hydrauliczne ratownicze;
- system inspekcyjny do penetracji otworów wiertniczych i rurociągów z możliwością skontrolowania oraz zapisu cyfrowego z kontroli otworu;
- górnicze wiertnice dołowe do wiercenia otworów pełnym przekrojem lub rdzeniowo w skałach o różnej twardości;
- systemy plazmowe do cięcia metalu.

4.6.3. Pogotowie Specjalistyczne Przewoźnych Wyciągów Ratowniczych

Do zadań Pogotowia Specjalistycznego Przewoźnych Wyciągów Ratowniczych należy ewakuacja pracowników lub wykonywanie innych prac ratowniczych, awaryjno-rewizyjnych lub kontrolnych w szybach, otworach wiertniczych wielkośrednicowych za pomocą urządzeń mechanicznych oraz technik alpinistycznych.

Wyposażenie pogotowia specjalistycznego stanowią:

- dwa przewoźne wyciągi ratownicze (awaryjno-rewizyjne);
- kabiny ratownicze o średnicach: 550 mm, 630 mm, 800 mm, 1000 mm, 1200 mm;
- sprzęt pomocniczy: urządzenie do monitoringu szybów kopalnianych, wiertnica rdzeniowa akumulatorowa.

W strukturach zawodowego Pogotowia Specjalistycznego Przewoźnych Wyciągów Ratowniczych funkcjonują specjalistyczne zastępy/grupy ratownicze do prac z użyciem technik alpinistycznych. Są one stale utrzymywane w gotowości akcyjnej do działań na terenie zakładów górniczych, ze szczególnym uwzględnieniem akcji ratowniczych związanych z:

- ratowaniem życia lub zdrowia ludzi,
- ratowaniem mienia.

Miejscem działania specjalistycznych zastępów/grup ratowniczych do prac z użyciem technik alpinistycznych są przede wszystkim szyby, szybiki, zbiorniki, otwory

wielkośrednicowe, wyrobiska o dużym nachyleniu oraz inne obiekty powierzchniowe, gdzie występuje ryzyko upadku z wysokości.

4.6.4. Pogotowie Specjalistyczne Przeciwpowozarowe

Pogotowie Specjalistyczne Przeciwpowozarowe przeznaczone jest do likwidacji zagrozenia powozarowego w kopalniach w czasie prowadzenia akcji ratowniczych i prac profilaktycznych, a w szczegolnosci do:

- aktywnego zwalczania powozarow przy uzyciu sprzetu do podawania wody i pian gasniczych;
- pasywnego zwalczania powozarow przy wykorzystaniu specjalistycznego sprzetu do izolacji ognisk powozarowych, w tym nadzoru nad budowa tam izolacyjnych o konstrukcji przeciwwybuchowej;
- profilaktyki powozarowej z uzyciem sprzetu i materialow do wykonywania tam izolacyjnych, uszczelniania gorotworu.

Wypozazenie Pogotowia Specjalistycznego Przeciwpowozarowego stanowia:

- przenosne centrum pianowe,
- generator piany,
- wytwornica piany,
- przenosny system piany sprzonej,
- systemy gasniczo-tnace,
- agregaty pompowe,
- torkretnica sucha,
- maszyna do natrysku betonu (torkretnica).

4.6.5. Pogotowie Specjalistyczne do Inertyzacji Powietrza Kopalnianego

Pogotowie Specjalistyczne do Inertyzacji Powietrza Kopalnianego wykorzystuje gazy inertne (azot lub dwutlenek wegla) do likwidacji zagrozen powozarowych. Azot dzieki nowoczesnym urzadzeniom pozyskiwany jest bezposrednio z powietrza atmosferycznego lub jest odparowywany ze stanu cieplego. Podczas akcji ratowniczych gazy wtlaczane sa w miejsce zagrozenia i wypieraja tlen. Dzieki temu minimalizowane jest zagrozenie powozarowe i wybuchowe bezposrednio w wyrobisku.

Inertyzacja to czesciowe lub calkowite zastepowanie tlenu lub atmosfery palnej przez obojetny gaz. Dzialanie gazow obojetnych polega na wypieraniu przez nie tlenu i innych gazow palnych z atmosfery, wskutek czego maleje stezenie tych gazow, a zwlaszcza tlenu. Jest to bardzo skuteczna metoda zapobiegania wybuchom, powozarom. Inertyzacja jest stosowana, gdy ryzyko wybuchowe lub powozarowe nie moze byc wyeliminowane przez inne srodki. W gornictwie polskim znane i stosowane sa nastepujace metody inertyzacji atmosfery kopalnianej:

- inertyzacja dwutlenkiem wegla,
- inertyzacja azotem.

4.6.6. Pogotowie Specjalistyczne Wodne

Pogotowie Specjalistyczne Wodne zostalo powolane do usuwania skutkow wdarcia sie wody lub niekontrolowanego doplywu do wyrobisk gorniczych wody lub wody z luznym materialem. Jego zadaniem jest montaz i obsluga sprzetu pogotowia w czasie akcji ratowniczych i prac profilaktycznych.

Wypozazenie pogotowia stanowia:

- pompy o wysokosci podnoszenia do 700 m i wydajnosci do 1000 m³/h;
- pompy szlamowe do pompowania cieczy o gestosci do 1200 kg/m³, wysokosci podnoszenia do 55 m i wydajnosci do 300 m³/h;
- pompy do pompowania szlamu o napedzie pneumatycznym o wysokosci podnoszenia do 70 m i wydajnosci do 122 m³/h;
- agregaty pompowe spalinowe.

W sklad Pogotowia Specjalistycznego Wodnego wchodzi specjalistyczne zastepy/grupy ratownicze do wykonywania prac z zastosowaniem technik nurkowych. Sa one utrzymywane w gotowosci akcyjnej do dzialan w przypadku powstania zagrozenia lub w ramach zaplanowanych prac w miejscach wystepowania zagrozenia wodnego, ze szczegolnym uwzglednieniem akcji zwiazanych z ratowaniem zycia, zdrowia ludzi oraz mienia.

5. Podstawy prawne funkcjonowania ratownictwa gorniczego i prowadzenia akcji

Fundamentem bezpieczenstwa podczas realizacji zabezpieczenia drazenia tuneli w Polsce jest rygorystyczny system prawny, ktory integruje dzialania przedsiebiorcow budowlanych z profesjonalnymi strukturami ratownictwa gorniczego. Regulacje na czelo z ustawa – Prawo geologiczne i gornicze z dnia 9 czerwca 2011 r. (ustawa – Prawo geologiczne i gornicze, 2011) oraz rozporzadzeniem Ministra Energii w sprawie ratownictwa gorniczego (rozporzadzenie Ministra Energii dotyczace ratownictwa gorniczego, 2017) od roku 2025 definiuja nie tylko obowiazki w zakresie natychmiastowego niesienia pomocy, ale takze wymuszaja prowadzenie ciaglej profilaktyki zagrozen w tunelach. System ten opiera sie na scislej hierarchii kierowania akcja ratownicza oraz na obowiazkowej wspolpracy z podmiotami zawodowymi, takimi jak CSRG S.A. w Bytomiu.

W praktyce oznacza to, ze przedsiebiorcy drazacy tunele w Polsce, nie posiadajac wlasnych sluzb ratownictwa gorniczego, sa zobowiazani na mocy umowy i za uprzednia zgoda wlasciwego organu nadzoru gorniczego powierzyc w calosci obowiazek zapewnienia ratownictwa gorniczego podmiotowi zawodowo trudniacemu sie ratownictwem gornicznym.

6. Przygotowanie zakladu gorniczego do akcji ratowniczych

Skutecznosć akcji ratowniczej w warunkach podziemnych zalezy nie tylko od profesjonalizmu zewnetrznych sluzb ratowniczych, ale przede wszystkim od stopnia przygotowania samego zakladu. Proces ten obejmuje wielopoziomowe dzialania: od systematycznego szkolenia zalogi w zakresie samoratownictwa, poprzez wyznaczenie i oznakowanie bezpiecznych drog ucieczkowych, az po zapewnienie odpowiedniej infrastruktury. Istotnym elementem jest biezaca aktualizacja oraz realizacja planu ratownictwa, gwarantujaca poprawna reakcje w sytuacji bezposredniego zagrozenia zycia, w tym sprawną obsluge aparatow uciezkowych oraz korzystanie z komor przetrwania. Glownymi czynni-

kami wpływającymi na przygotowanie zakładu do akcji ratowniczej są:

- Przygotowanie załogi w zakresie nabycia umiejętności samoratownia i ratowania.
- Przygotowanie zakładu do prowadzenia akcji w zakresie:
 - kierowania akcją ratowniczą (przeszkolona kadra);
- Znajomość zasad postępowania w zakresie organizacji akcji ratowniczej przez służby zakładu.

Każda osoba z kierownictwa, dozoru ruchu i każdy pracownik musi znać zapisy planu ratownictwa, w szczególności dotyczące:

- dróg ewakuacyjnych (wycofania);
- lokalizacji komór przetrwania i stacji aparatów ucieczkowych oraz zasad wymiany aparatów ucieczkowych.

7. Wnioski

Analiza współczesnych metod drążenia tuneli w zestawieniu z doświadczeniami ratownictwa górniczego prowadzi do wniosku, że wybór konkretnej technologii, takiej jak NATM czy TBM, określa nie tylko tempo prac, lecz przede wszystkim specyficzny profil zagrożeń występujących podczas drążenia. Doświadczenia z realizacji tuneli w Polsce i na świecie dowodzą, że proces ich drążenia wymaga nieprzerwanej gotowości służb

ratowniczych, a tym samym uzasadnia w tym kontekście konieczność utrzymywania ratownictwa górniczego.

Rozwój infrastruktury tunelowej w Polsce wymusza stałą modernizację zaplecza technicznego ratownictwa, szczególnie w zakresie sprzętu przeznaczonego do pracy w długich wyrobiskach o ograniczonej przestrzeni i utrudnionej wentylacji. Specyfika ewentualnych działań ratowniczych przy technologii TBM oraz w metodzie NATM wymaga stosowania aparatów oddechowych o długim czasie działania oraz systemów łączności odpornych na zakłócenia. Centralna Stacja Ratownictwa Górniczego S.A. w Bytomiu ma strategiczne znaczenie dla bezpieczeństwa infrastruktury podziemnej. Jej wyspecjalizowane pogotowia, wyszkolony personel i unikatowe zaplecze techniczne umożliwiają prowadzenie operacji wykraczających poza możliwości standardowych służb.

Dostęp do takiego zaplecza ratowniczego zmniejsza ryzyko długotrwałych skutków awarii zarówno w wymiarze ludzkim, środowiskowym, jak i ekonomicznym oraz zwiększa zaufanie inwestorów i społeczeństwa do realizacji projektów podziemnych o podwyższonym ryzyku. Utrzymanie i rozwój CSRG S.A. poprzez modernizację specjalistycznego sprzętu, formalizację roli podmiotu zawodowo trudniącego się ratownictwem górnym w planowaniu i ćwiczeniach oraz stałe doskonalenie kompetencji personelu jest niezbędne do efektywnego reagowania w sytuacjach kryzysowych podczas drążenia tuneli.

Tunnel support during excavation: Analysis of incidents and technical resources for mine rescue

Abstract: The article analyses tunnel excavation methods (NATM/NTM, TBM), identifies typical hazards, and classifies hazardous incidents according to the technology use and the nature of the phenomena involved (geological, technological and operational). The main causes of failures are discussed, including adverse geological conditions, design and construction errors, machinery failures and external factors. The paper presents examples of recent hazardous incidents abroad (including in India and the United States) and in Poland (Warsaw, Węgierska Górka and Łódź), drawing conclusions regarding the causes and the effectiveness of rescue operations. Particular emphasis is placed on the technical resources available to mine rescue services, including the organisational structure and equipment of the Central Mines Rescue Station S.A. (specialist emergency services, measuring instruments, interring systems, pumps, equipment for tunneling rescue headings and long-duration breathing apparatus), as well as on procedures for organising and conducting rescue operations in accordance with applicable legislation. The conclusions emphasise the need to integrate rescue services and continuously improve technical facilities and training in order to minimise risk, and reduce response times, carry out rescue operations effectively and mitigate the consequences of disasters in critical situations.

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 19 marca 2017 r. w sprawie ratownictwa górniczego (Dz.U. z 2022 r. poz. 1418, z późn. zm. 1343).
2. SISKOM (2012). Raport techniczny dotyczący awarii na stacji C13 II linii metra – przebicie hydrauliczne, 13–14 sierpnia 2012 r. Materiały wewnętrzne SISKOM, <https://ssc.siskom.waw.pl> (data dostępu: 1.01.2026).
3. Tajduś, A., Tokarski, S. (2024a). Challenges facing the Polish energy sector in 2024 and upcoming years. *Archives of Mining Sciences*, vol. 69, no. 1, s. 127–139.
4. Tajduś, A. (2024b). Drążenie tuneli kolejowych we fliszu karpackim. W: *XLV Zimowa Szkoła Mechaniki Górniczej i Geoinżynierii*: Stryszawa, s. 72.
5. Tajduś, A. (n.d.). Wybrane rozdziały i artykuły nt. NATM/NTM i modelowania numerycznego w geomechanice. Materiały konferencyjne i rozdziały dostępne w zasobach AGH i wydawnictwach branżowych; repozytorium AGH: <https://repo.agh.edu.pl/500> (data dostępu: 16.07.2026).
6. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2026 r. poz. 69).

Analiza mechanizmów degradacji i awarii układu napędowego organu urabiającego kombajnu chodnikowego

dr inż. Sławomir BARANOWSKI
Wyższy Urząd Górniczy, Katowice
dr inż. Mariusz SZOT

Główny Instytut Górnictwa – Państwowy Instytut Badawczy, Katowice

TREŚĆ: W artykule przedstawiono studium przypadku awarii głowicy urabiającej kombajnu chodnikowego typu MR-340X-Ex-S, eksploatowanego w warunkach kopalni węgla kamiennego. Głównym celem pracy jest weryfikacja hipotez dotyczących przyczyn uszkodzenia – zderzenia mechanicznego kontra zmęczeniowego zużycia elementów tocznych – w oparciu o analizę materiału dowodowego, danych procesowych oraz teorię trwałości zmęczeniowej. W opracowaniu dokonano reinterpretacji zarejestrowanych zjawisk elektrycznych, identyfikując je jako stany nieustalone (prądy rozruchowe) silnika indukcyjnego, a nie anomalie obciążeniowe. Wprowadzono teoretyczną analizę trwałości zmęczeniowej opartą na regule Palmgrena-Minera, wyjaśniającą mechanizm propagacji uszkodzeń. Wnioski końcowe sformułowano w postaci algorytmicznych wytycznych dla służb utrzymania ruchu, kładąc nacisk na predykcyjne metody diagnostyki trybologicznej i wibroakustycznej. Analiza danych eksploatacyjnych wykazała, że obserwowane zjawiska, błędnie interpretowane przez serwis jako „przyrosty prądu” świadczące o przeciążeniach zewnętrznych, stanowią w istocie charakterystykę prądów rozruchowych (stanów nieustalonych) silnika indukcyjnego. Ich korelacja z momentem wystąpienia awarii wymaga zastosowania zaawansowanej metodyki MCSA (Motor Current Signature Analysis), którą szczegółowo omówiono. Wnioski końcowe opracowania zostały sformułowane w postaci wytycznych dla służb utrzymania ruchu, definiujących procedury postępowania w przypadku wystąpienia wczesnych symptomów degradacji, takich jak obecność produktów zużycia w oleju (zgodnie z normą ISO 4406) czy zmiany w sygnaturze wibroakustycznej urządzenia (zgodnie z ISO 10816-3).

SŁOWA KLUCZOWE: awaria; kombajn chodnikowy; trwałość zmęczeniowa; metodyka MCSA

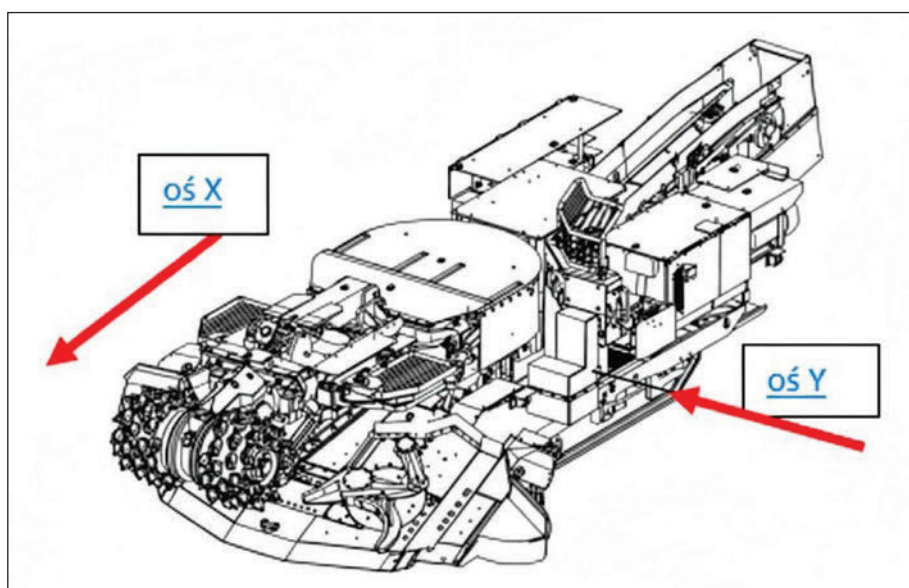
1. Wstęp i uwarunkowania eksploatacyjne maszyn przodkowych

1.1. Rola niezawodności w systemach wydobywczych i ekonomika utrzymania ruchu

Współczesne górnictwo podziemne opiera się na ciągłości procesów technologicznych, w których kombajny chodnikowe pełnią rolę krytyczną, odpowiadając za przygotowanie frontu wydobywczego. Złożoność konstrukcyjna tych maszyn, w połączeniu z ekstremalnie trudnymi warunkami środowiskowymi – zmienną geometrią wyrobisk, agresywnym zapyleniem, wysoką wilgotnością oraz stochastycznym charakterem

obciążeń urabiania – sprawia, że są one podatne na szerokie spektrum mechanizmów degradacji. W ujęciu inżynierii systemów kombajn chodnikowy stanowi szeregowy system niezawodnościowy, w którym uszkodzenie dowolnego kluczowego podzespołu, jakim bez wątpienia jest przekładnia organu urabiającego, skutkuje natychmiastowym przerwaniem procesu produkcyjnego.

Analizy literaturowe (Biały i Habek, 2018) jednoznacznie wskazują, że awarie układów napędowych stanowią jedną z głównych przyczyn nieplanowanych przestojów, generując znaczne straty ekonomiczne. Koszty te nie ograniczają się jedynie do bezpośrednich wydatków na części zamienne i robociznę serwisu (CAPEX/OPEX), ale przede wszystkim obejmują koszty



► Rys. 1. Kombajn chodnikowy typu MR-340X-Ex-S

► Fig. 1. MR-340X-Ex-S roadheader

alternatywne związane z utraconym wydobywaniem i opóźnieniem w uzbrojeniu ściany wydobywczej. Dlatego też kluczowym zadaniem nowoczesnych służb utrzymania ruchu jest transformacja strategii eksploatacyjnej: przejście od modelu reaktywnego (naprawa po awarii), dominującego w opisywanym przypadku, do strategii predykcyjnej opartej na ciągłym monitorowaniu stanu technicznego.

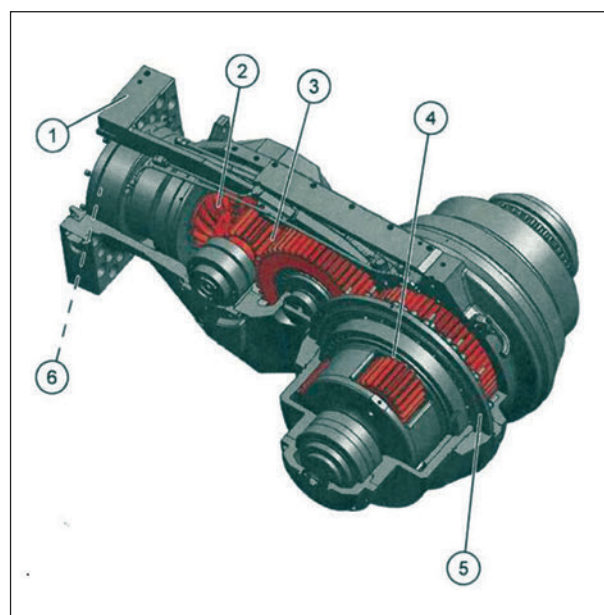
1.2. Charakterystyka techniczna obiektu badań: kombajnu MR-340X-Ex-S

Przedmiotem niniejszej analizy jest kombajn chodnikowy typu MR-340X-Ex-S (rys. 1), maszyna o konstrukcji wysięgnikowej wyposażona w organ urabiający z poprzecznie wirującymi głowicami. Taka konfiguracja kinematyczna, w odróżnieniu od głowic wzdłużnych, pozwala na efektywniejsze przekazywanie mocy na urabianą caliznę i jest preferowana w skałach o trudniejszej urabialności, jednakże wiąże się ze znacznie bardziej skomplikowaną budową układu przeniesienia napędu.

Układ kinematyczny organu urabiającego (Sandvik Mining and Construction, 2012) składa się z:

- **silnika elektrycznego:** typ 2SG8 515M, chłodzonego wodą, o mocy rzędu 230-315 kW (zależnie od trybu pracy), wyposażonego w zaawansowane zabezpieczenia termiczne (PTC, bimetale, Pt100) w uzwojeniach i łożyskach;
- **przekładni zębatej (reduktora):** element kluczowy, integrujący stopnie walcowe, jeden stopień stożkowy (zmiana osi obrotu o 90° z wzdłużnej na poprzeczną) oraz wyjściowe stopnie planetarne po obu stronach głowicy;
- **systemu smarowania i chłodzenia:** zintegrowana pompa oleju zapewnia wymuszony obieg środka smarowego, jego filtrację i chłodzenie. System ten jest połączony z układem monitorowania przepływu i temperatury, co powinno zabezpieczać przed pracą „na sucho”.

Obecność przekładni planetarnej na wyjściu układu jest rozwiązaniem podyktowanym koniecznością uzyskania wysokiej gęstości mocy. W przekładni planetarnej (rys. 2) moment obrotowy jest dzielony na kilka kół satelitarnych, co pozwala na przenoszenie olbrzymich sił przy zachowaniu kompaktowych wymiarów. Jednakże jest to okupione wysoką wrażliwością na błędy wykonawcze i eksploatacyjne. Wymagane jest zachowanie rygorystycznych tolerancji montażowych, aby zapewnić równomierny podział obciążenia między satelity. Każde odchylenie – czy to wynikające z błędu remontowego,



► Rys. 2. Przekładnia głowicy urabiającej (1 – kryza, 2 – wejściowy stopień stożkowy, 3 – zespoły stopni czotowych, 4 – wyjściowe stopnie planetarne, 5 – obrotowe uszczelnienie mechaniczne, 6 – uszczelka wału wejściowego)

► Fig. 2. Cutting head gearbox (1 – flange, 2 – input bevel gear stage, 3 – spur gear stage assemblies, 4 – output planetary gear stages, 5 – rotary mechanical seal, 6 – input shaft seal)

► Tab. 1. Parametry geomechaniczne urabianego górotworu wraz z oceną ryzyka dla układu napędowego
 ► Table 1. Geomechanical parameters of the excavated rock mass and risk assessment for the drive system

Warstwa litologiczna	Rodzaj skały	Wytrzymałość na ściskanie R_c [MPa]	Charakterystyka spękania/Podzielność	Ocena ryzyka dynamicznego
strop	piaskowiec	40,0–75,0	blokowa do masywnej	bardzo wysokie (udary przy zacinaniu)
	węgiel (pokład 506)	8,4	–	niskie (praca stabilna)
	łupek piaszczysty	27,2–44,2	płytowa do blokowej	średnie
	łupek ilasty	16,3–36,6	–	średnie
pokład 507	węgiel	12,1–17,6	–	niskie
spąg	łupek ilasty	25,8–37,2	płytowa do blokowej	średnie
	łupek piaszczysty	47,9–52,5	–	wysokie (wzrost oporów)
	piaskowiec	49,7–61,5	masywna	wysokie (silne wibracje, abrazywność)

zużycia łożysk, czy obecności zanieczyszczeń – prowadzi do nierównomiernego obciążenia, co skutkuje lawinowym przyspieszeniem procesów degradacji zmęczeniowej.

2. Analiza geologiczna środowiska pracy i dynamika obciążeń

2.1. Charakterystyka litologiczna i parametry wytrzymałościowe

Kluczowym czynnikiem wpływającym na żywotność organu urabiającego jest interakcja narzędzia (noża) z górotworem. W analizowanym przypadku kombajn pracował w środowisku o silnie zróżnicowanej litologii. Na podstawie danych pozyskanych z kopalni utworzono szczegółową tabelę (tab. 1) parametrów geomechanicznych, która pozwala ocenić ryzyko wystąpienia przeciążeń.

Analiza wskazanych danych prowadzi do następujących wniosków.

1. **Zakres roboczy:** maksymalna odnotowana wytrzymałość skał ($R_c = 75$ MPa) mieści się w teoretycznym zakresie pracy kombajnu MR-340X-Ex-S, dla którego producent deklaruje możliwość urabiania skał do 100 MPa (a w pewnych konfiguracjach nawet do 130–140 MPa) [3]. Oznacza to, że awaria nie wynikała z przekroczenia statycznej wytrzymałości maszyny.
2. **Gradient twardości:** największym zagrożeniem dla trwałości zmęczeniowej nie jest sama wartość maksymalna R_c , lecz gwałtowne zmiany parametrów urabialności. Przejście głowicy z miękkiego węgla ($R_c \approx 8$ –12 MPa) na twardy piaskowiec stropowy ($R_c \approx 75$ MPa) o strukturze masywnej generuje potężne udary momentu obrotowego.
3. **Charakterystyka stochastyczna:** proces niszczenia skały ma charakter losowy. Wtrącenia sferysyderytów lub twarde ławice piaskowca działają na układ napędowy jak „młot”, generując fale uderzeniowe,

które propagują przez cały łańcuch kinematyczny – od noży, przez przekładnie planetarne, aż do wału silnika. To właśnie te piki obciążenia, choć trwają ułamki sekund, są odpowiedzialne za inicjację mikropęknięć zmęczeniowych w kołach zębatych i łożyskach.

2.2. Widmo obciążeń a procesy zmęczeniowe

W praktyce inżynierskiej rzadko dysponujemy pełnym rejestrem momentu obrotowego w czasie rzeczywistym. Zamiast tego analiza opiera się na obserwacji skutków pośrednich, takich jak wibracje („głośnie praca”) i pobór prądu. Zgłaszana wielokrotnie przez obsługę kopalni „głośnie praca” przekładni jest dowodem na to, że widmo obciążeń uległo drastycznemu pogorszeniu. Wibracje generowane przez uszkodzone łożyska lub wykruszone zęby nakładają się na nominalne obciążenie od urabiania. Zgodnie z teorią zmęczenia zależność między amplitudą naprężenia (σ) a trwałością (N) jest wysoce nieliniowa i opisana (krzywa Wöhlera) (Kłysz, 2015):

$$N \cdot \sigma^m = C \quad (1)$$

gdzie wykładnik m dla łożysk tocznych wynosi 3 (dla styku punktowego) lub 10/3 (dla styku liniowego), dla kół zębatych może osiągać znacznie wyższe wartości. Oznacza to, że nawet niewielki wzrost amplitudy drgań (związany z głośnie pracą) powoduje wykładnicze skrócenie czasu życia elementu. C : stała materiałowa, wyznaczana doświadczalnie. Praca w warunkach podwyższonej wibroakustyki, którą serwis zbagatelizował, była w istocie „pożeraniem” ресурсu maszyny w tempie wielokrotnie szybszym, niż zakładał projektant.

3. Analiza historii serwisowej i rekonstrukcja procesu degradacji

Na podstawie udostępnionej dokumentacji (12 notatek serwisowych w okresie 2,5 miesiąca) dokonano rekonstrukcji sekwencji zdarzeń, która zaprzecza tezie

o „nagłym wypadku” i wskazuje na proces deterministyczny.

Faza 1: Błędy inicjujące (tydzień 0 – rozruch)

Już na etapie rozruchu po remoncie w oleju przekładniowym stwierdzono obecność opiłków metalu. W inżynierii tribologicznej jest to sygnał alarmowy pierwszego stopnia. Obecność produktów zużycia natychmiast po remoncie sugeruje jedną z dwóch przyczyn:

- **błąd technologiczny remontu** – pozostawienie zanieczyszczeń po obróbce mechanicznej lub myciu,
- **błąd montażowy** – niewspółosiowość wałów, zbyt małe luzy międzyzębne lub błędy w osadzeniu łożysk, prowadzące do natychmiastowego ścierania się współpracujących powierzchni.

Decyzja o kontynuowaniu eksploatacji jedynie po „przepłukaniu” przekładni była błędem. Opiłki te, krążąc w układzie, stały się ścierniwem, które zapoczątkowało proces niszczenia kolejnych elementów.

Faza 2: Inkubacja i propagacja uszkodzeń (tydzień 1–4)

Wymiana pompy zębatej układu smarowania jest dowodem na to, że zanieczyszczenia doprowadziły do jej zatarcia lub zablokowania. Uszkodzenie pompy oznaczało okresowe spadki ciśnienia i wydatku oleju. W przekładniach planetarnych o dużej gęstości mocy film olejowy jest jedyną barierą oddzielającą metal od metalu. Nawet chwilowe przerwanie smarowania pod

obciążeniem prowadzi do lokalnego zgrzewania się wierzchołków mikronierówności (adhezja) i inicjacji pęknięć zmęczeniowych (*mikropitting*) (Brizmer, Stadler, Drogen van M., Han, Matta, Piras, 2016), (ISO Standard 15243).

Faza 3: Eskalacja – woda w oleju (miesiąc 2)

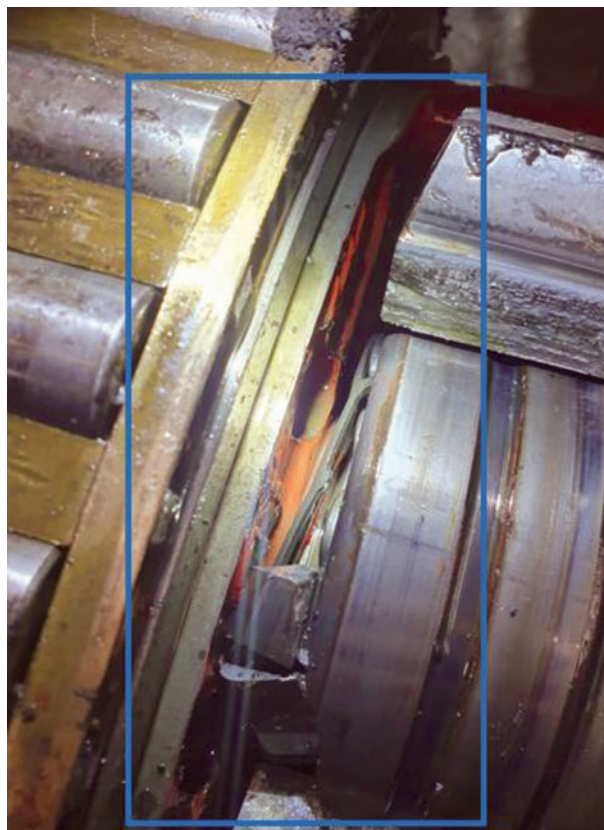
Punktem zwrotnym w procesie degradacji było stwierdzenie przez służby kopalni „przebarwienia oleju”, świadczącego o obecności wody (powstanie emulsji). Woda jest czynnikiem niszczącym o potrójnym działaniu:

1. **redukcja lepkości** – emulsja wodno-olejowa nie jest w stanie wytworzyć trwałego filmu smarnego, co prowadzi do przejścia w stan tarcia granicznego i gwałtownego zużycia ściernego. To stwierdzenie jest dosyć katarygiczne i – patrząc z perspektywy współczesnej tribologii – nie do końca prawdziwe. Choć emulsje wodno-olejowe (szczególnie typu O/W, czyli olej w wodzie) mają trudniej niż czyste oleje, to jednak są w stanie wytworzyć film smarny, choć mechanizm jego powstawania jest znacznie bardziej złożony (Kimura i Kazumi, 1989);
2. **korozja** – zarówno ogólna, jak i wżerowa na precyzyjnie obrobionych powierzchniach bieżni łożysk (Krzemiński-Freda, 1989);
3. **kruchość wodorowa** – w warunkach wysokich nacisków i tarcia woda ulega dysocjacji, a atomowy



► Rys. 3. Uszkodzone koło obiegowe. Zaawansowany *pitting* (wżery) na bocznej powierzchni zęba, przechodzący w *spalling* (tuszczenie) w strefie podziałowej. Widoczne ślady zatarcia adhezyjnego świadczące o przerwaniu filmu olejowego i długotrwałej pracy w warunkach niedostatecznego smarowania

► Fig. 3. Damaged planet gear. Advanced *pitting* on the tooth flank, progressing to *spalling* in the pitch zone. Visible signs of adhesive scuffing indicate oil-film breakdown and prolonged operation under insufficient lubrication conditions



► Rys. 4. Uszkodzone łożysko. Zniszczenie zmęczeniowe bieżni wewnętrznej łożyska tocznego. Rozległe wykruszenia materiału oraz ślady korozji fretingowej, sugerujące pracę przy obecności wody w środku smarnym oraz nadmiernych luzach dynamicznych

► Fig. 4. Damaged bearing. Fatigue damage to the inner raceway of the rolling bearing. Extensive material spalling and signs of fretting corrosion suggest operation in the presence of water in the lubricant and excessive dynamic clearances

wodór dyfunduje w głąb stali łożyskowej, powodując jej drastyczne osłabienie i przyspieszone pękanie zmęczeniowe (Evans, 2012).

Normy branżowe wskazują, że stężenie wody powyżej 500 ppm (0,05%) jest stanem krytycznym dla przekładni przemysłowych. Wizualne „przebarwienie” sugeruje stężenia rzędu tysięcy ppm, co dyskwalifikuje olej z dalszej eksploatacji (ISO 12925-1:2018), (DIN 51517-3).

Faza 4: Awaria

Wielokrotne (5-krotne) zgłoszenia „głośniejszej pracy” były ignorowane lub bagatelizowane przez serwis. W rzeczywistości hałas ten był generowany przez zaawansowany *spalling* (łuszczenie) na bieżniach łożysk i wykruszanie zębów. Ostateczne zablokowanie przekładni nie było przyczyną, lecz skutkiem – najprawdopodobniej doszło do rozpadu koszyka łożyska lub oderwania dużego fragmentu zęba, który zakleszczył się między kołem satelitarnym a wieńcowym. Siła bezwładności wirnika silnika w momencie zablokowania wygenerowała uderzenie mechaniczne, a ten zniszczył pozostałe elementy, co mylnie zinterpretowano jako „uderzenie zewnętrzne”.

4. Teoretyczne podstawy analizy zmęczeniowej i materiałowej

Aby zweryfikować mechanizm uszkodzenia, niezbędne jest odwołanie się do teorii mechaniki pękania i inżynierii materiałowej, które wyjaśniają fizykę obserwowanych zjawisk.

4.1. Mechanizmy niszczenia powierzchniowego

Analiza uszkodzonych elementów, przedstawionych na rys. 3 i 4 w materiale źródłowym, pozwala na zidentyfikowanie dominującego mechanizmu niszczenia: zmęczenia stykowego.

Proces ten przebiega w charakterystycznych etapach:

1. **Inicjacja (nukleacja)** – pod wpływem cyklicznych naprężeń kontaktowych Hertza w warstwie podpowierzchniowej (na głębokości występowania maksymalnych naprężeń stycznych) dochodzi do kumulacji dyslokacji i powstania mikropęknięć. Proces ten jest inicjowany na wtrąceniach niemetalicznych w stali lub w miejscach spiętrzenia naprężeń wywołanych przez zanieczyszczenia w oleju (Müller, 1996), (Tallian, 1992), (Standard ANSI/AGMA 1010-F14).
2. **Propagacja i efekt klina hydraulicznego** – pęknięcia rozwijają się pod kątem do powierzchni. Olej smarowy, wciskany w szczelinę pęknięcia pod ogromnym ciśnieniem w strefie przyporu, działa jak klin hydrauliczny, rozrywając materiał od środka (Tallian, 1992), (Way, 1935).
3. **Pitting i spalling** – gdy pęknięcie wraca do powierzchni, fragment materiału, odpada, tworząc wżer (*pit*). W zaawansowanej fazie (*spalling*) dochodzi do odrywania się dużych płatów materiału z bieżni łożysk lub boków zębów (widoczne na rys. 3 i 4). Powstałe kraterki drastycznie zmieniają geometrię współpracy, generując silne uderzenia przy każdym przetoczeniu elementu tocznego (Kocańda 1978), (Wojnar i Łazarz, 2006).

4.2. Zmęczenie u podstawy zęba (*bending fatigue*)

Drugim krytycznym mechanizmem, mogącym prowadzić do nagłego „urwania” napędu, jest zmęczenie zginaniowe u podstawy zęba. Ząb traktowany jest jako belka wspornikowa, podstawy opisane w (Lewis, 1893), (ISO 6336-3:2019). Cykliczne zginanie prowadzi do inicjacji pęknięcia w promieniu przejściowym stopy zęba. W analizowanym przypadku praca z nadmiernymi luzami (spowodowanymi zużyciem łożysk) mogła doprowadzić do zmiany punktu przyłożenia siły na zębie (przesunięcie w stronę wierchołka), co drastycznie zwiększyło moment gnący i przyspieszyło złamanie.

4.3. Reguła Palmgren-Minera

Do prognozowania trwałości w warunkach zmiennych obciążeń (widmo obciążeń) stosuje się liniową hipotezę kumulacji uszkodzeń Palmgren-Minera (Szala, 2005):

$$D = \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_i} \quad (2)$$

gdzie:

D – całkowity stopień uszkodzenia ($D > 1$ oznacza zniszczenie),

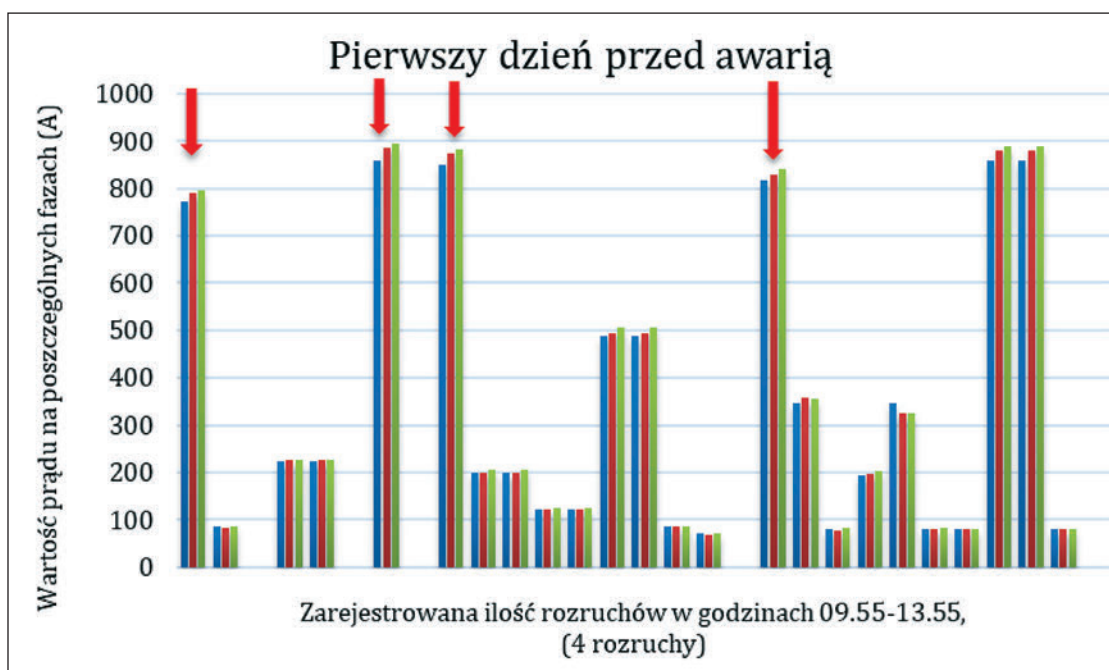
n_i – liczba cykli zrealizowanych przy poziomie naprężenia,

N_i – graniczna liczba cykli do zniszczenia przy poziomie naprężenia σ_i (z krzywej Wöhlera).

Analiza ta ma kluczowe znaczenie dla zrozumienia, dlaczego serwis nie powinien być dopuszczać maszyny do ruchu przy objawach „głośniejszej pracy”. Hałas oznacza wibracje, a wibracje to dodatkowa, wysokoczęstotliwościowa składowa naprężenia σ_{vib} . Ponieważ trwałość zmęczeniowa N zależy od naprężenia w potęgde (dla łożysk $N \propto 1/\sigma^3$), nawet niewielki wzrost obciążenia dynamicznego powoduje drastyczny spadek N . W efekcie „krótki” czas pracy w stanie awaryjnym (kilka tygodni) wystarczył do wyczerpania całego zapasu trwałości, który w normalnych warunkach wystarczyłby na lata eksploatacji.

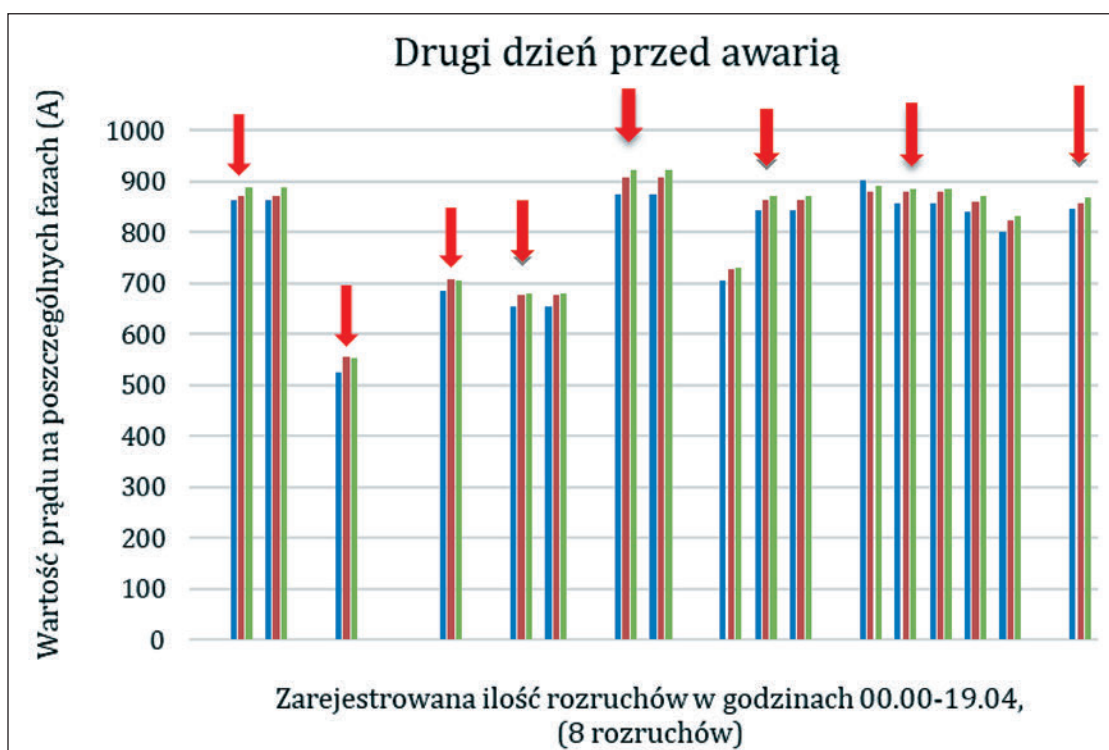
5. Analiza danych elektrycznych i pomiarowych

Na podstawie zapisów prądów roboczych silnika organu urabiającego, uzyskanych od kopalni z rejestratora zabudowanego na przedmiotowym kombajnie, zestawiono wykresy prądów poszczególnych faz za okres dwóch dni przed awarią i w dniu awarii, interpretując je jako „przyrosty natężenia” świadczące o przeciążeniach. Jest to interpretacja błędna, wymagająca sprostowania. Silnik urabiania był prawidłowo zabezpieczony od zwarcia i przeciążeń, zgodnie z normą (PN-G-42042:1998), za pomocą zintegrowanego sterownika zabezpieczeń, którego nastawy i poprawność działania potwierdzone zostały odpowiednim protokołem sprawdzenia. Zintegrowany sterownik zabezpieczeń posiadał nastawy: członu przeciążeniowego 150 A (wartość dobrana praktycznie do prądu znamionowego silnika) oraz członu zwarciovowego 1000 A (wartość dobrana zgodnie z warunkami zwarciovowymi i wymaganym współczynnikiem czułości członu zwarciovowego w założonym obliczeniowym miejscu zwarcia). Pokazane na wykresach



► Rys. 5. Charakterystyka prądu rozruchowego silnika. Strzałką oznaczono zarejestrowane rozruchy

► Fig. 5. Motor inrush-current characteristics. The arrow indicates the recorded start-ups



► Rys. 6. Charakterystyka prądu rozruchowego silnika. Strzałką oznaczono zarejestrowane rozruchy

► Fig. 6. Motor inrush-current characteristics. The arrow indicates the recorded start-ups

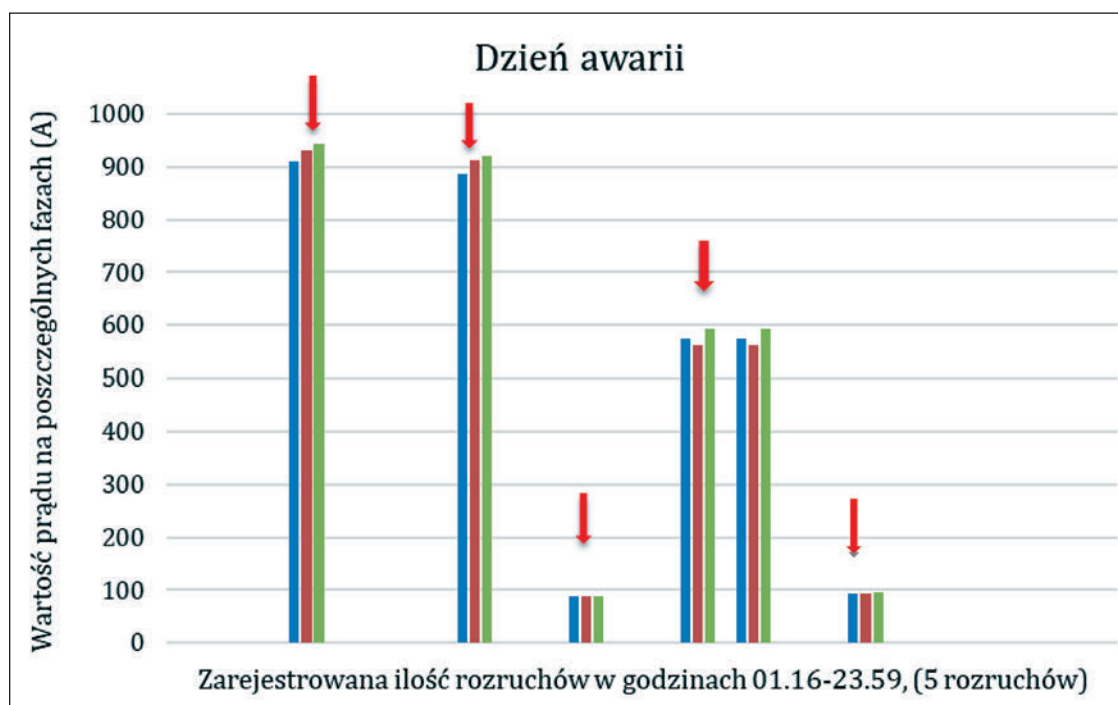
za dany okres czasowy prądy robocze poszczególnych faz silnika urabiania kombajnu przedstawiają typowe wartości prądów roboczych oraz prądów rozruchowych silnika indukcyjnego klatkowego podczas jego normalnej pracy eksploatacyjnej.

W momencie podania napięcia na stojan ($t=0$, poślizg $s=1$):

- brak jest siły przeciwelektromotorycznej, która w stanie ustalonym równoważy napięcie zasilania;

- prąd jest ograniczony jedynie przez bardzo małą impedancję uzwojeń stojana i wirnika;
- skutkuje to przepływem prądu o natężeniu od **5 do 8 razy większym od znamionowego (I_N)** (Purdy, 2014).

Jest to zjawisko fizyczne naturalne dla każdego silnika asynchronicznego i nie może być interpretowane jako anomalia obciążeniowa od strony organu urabiającego. Żaden z przedstawionych przypadków nie powodował konieczności zadziałania członu zwarciovego lub



► Rys. 7. Charakterystyka prądu rozruchowego silnika. Strzałką oznaczono zarejestrowane rozruchy

► Fig. 7. Motor inrush-current characteristics. The arrow indicates the recorded start-ups

przeciążeniowego zabezpieczenia silnika urabiania kombajnu, gdyż nie dochodziło w nich do przekroczenia wartości krytycznych zaimplementowanych w przynależnym zabezpieczeniu.

5.1. Diagnostyczna wartość obwiedni prądu

Mimo że obecność pików startowych jest naturalna, jego charakterystyka niesie cenne informacje diagnostyczne, które zostały pominięte:

- **czas trwania rozruchu** (t_{start}) – wydłużenie czasu trwania pików rozruchowych (szerokość impulsu na wykresie) jest bezpośrednim sygnałem zwiększonych oporów mechanicznych. Jeśli łożyska są zatarte lub olej jest zbyt gęsty (np. z powodu emulacji z wodą), silnik dłużej wchodzi na obroty;
- **ciepło** ($Q = I_r^2 \cdot R \cdot t_r [J]$) – wydłużony rozruch powoduje wydzielanie olbrzymich ilości ciepła w uzwojeniach i prętach klatki wirnika. Częste próby uruchomienia zablokowanej lub zatartej przekładni (co sugerują liczne notatki serwisowe) mogły doprowadzić do degradacji termicznej izolacji silnika, co jest wtórnym skutkiem awarii mechanicznej.

Zamiast analizować amplitudę pików (która zależy głównie od sztywności sieci zasilającej, która określa jej zdolność do utrzymania stabilnego napięcia) przy zmiennym obciążeniu (poborze prądu), należało skupić się na analizie czasu zaniku prądu do wartości ustalonej. Diagnostyczna wartość obwiedni prądu (lub drgań/napięcia) polega na demodulacji amplitudy sygnału w celu wyodrębnienia niskoczęstotliwościowych informacji o uszkodzeniach (np. łożysk) ukrytych w wysokoczęstotliwościowych szumach. Umożliwia to wczesne wykrywanie usterek, analizę widma obwiedni oraz skuteczną ocenę stanu technicznego maszyn, zwłaszcza przy niskich energiach sygnałów.

5.2. Propozycja zastosowania metody MCSA

W przyszłych analizach należy zastosować metodę MCSA (Motor Current Signature Analysis). Pozwala ona na wykrycie uszkodzeń mechanicznych (pęknięty ząb, uszkodzone łożysko) poprzez analizę widma prądu w stanie ustalonym. Uszkodzenia te modulują moment obciążenia, co objawia się pojawieniem wstęg bocznych (*sidebands*) wokół częstotliwości sieciowej f_s :

$$f_{sideband} = f_s \pm k \cdot f_{defect} \quad (3)$$

gdzie f_{defect} to częstotliwość charakterystyczna dla danego uszkodzenia (np. częstotliwość zazębienia).

Metoda ta pozwala na precyzyjną diagnozę bez konieczności dostępu do maszyny w przodku (Zhang, Liu, Jaspreet, 2012), (Hong i Jaspreet, 2013).

6. Wnioski i rekomendacje dla Służb Utrzymania Ruchu

Przeprowadzona analiza pozwala na sformułowanie jednoznacznych wniosków dotyczących przyczyn awarii oraz zaleceń na przyszłość.

6.1. Wnioski końcowe

1. **Przyczyna pierwotna:** awaria nie była wynikiem jednorazowego uderzenia mechanicznego (błąd operatora/górotwór), lecz efektem **złożonego procesu degradacji**, zainicjowanego przez zanieczyszczenia (opiłki) i wodę w układzie smarowania.
2. **Mechanizm zniszczenia:** dominującym mechanizmem było **zmęczenie stykowe** (*pitting, spalling*), przyspieszone przez korozję wodorową i utratę właściwości smarnych olejów. Zablokowanie przekładni stanowiło finalny etap tego procesu (tzw. zniszczenie wtórne).

3. **Błędy w nadzorze:** kluczowym zaniedbaniem był brak właściwej reakcji na wczesne symptomy ostrzegawcze: obecność opiłków po rozruchu, uszkodzenie pompy oleju oraz powtarzające się zgłoszenia głośnej pracy. Strategia „płukania” przekładni leczyła objawy, a nie przyczyny.

6.2. Wytyczne dla SUR (procedury predykcyjne)

Aby zapobiec podobnym zdarzeniom, rekomenduje się wdrożenie następujących procedur:

1. Monitoring olejowy (Oil Analysis):

- Wprowadzenie obligatoryjnych badań oleju wg ISO 4406 co 100 motogodzin dla nowych/remontowanych przekładni.
- Ustalenie sztywnego limitu zawartości wody na poziomie 500 ppm. Przekroczenie tej wartości (lub wykrycie wody wolnej) musi skutkować natychmiastowym zatrzymaniem maszyny.

- Filtracja oleju w układzie bocznikowym w celu utrzymania klasy czystości lepszej niż 18/16/13.

2. Diagnostyka wibroakustyczna:

- Odejście od oceny „na słuch”. Wdrożenie pomiarów prędkości drgań (RMS) zgodnie z ISO 10816-3. Przekroczenie progu 7,1 mm/s powinno być sygnałem do bezwzględnego wyłączenia maszyny z ruchu i inspekcji.
- Wykorzystanie analizy obwiedni (*Envelope Analysis*) do wczesnego wykrywania uszkodzeń łożysk.

3. Procedury odbiorowe:

- Zaostrzenie kryteriów odbioru poremontowego. Próba ruchowa musi obejmować monitoring temperatury i drgań. Pojawienie się opiłków w ciągu pierwszych 24 h pracy dyskwalifikuje remont.

Implementacja wskazanych zaleceń pozwoli na przejście od kosztownego „gaszenia pożarów” do świadomego zarządzania majątkiem technicznym kopalni, znacząco redukując ryzyko katastrofalnych awarii w przyszłości.

Analysis of the mechanisms of degradation and failure of the cutting unit's drive system in a longwall shearer

Abstract: The article presents a case study of a cutting head failure in an MR-340X-Ex-S roadheader operated in an underground hard coal mine. The main objective of the study is to verify hypotheses concerning the cause of the damage – mechanical impact versus fatigue wear of rolling elements – based on an analysis the evidence, process data and fatigue life theory. The study reinterprets the recorded electrical phenomena, identifying them as transient states (inrush currents) of the induction motor rather than load anomalies. A theoretical fatigue life analysis based on the Palmgren–Miner rule is introduced to explain the damage propagation mechanism. The final conclusions were formulated as algorithmic guidelines for maintenance personnel, with an emphasis on predictive tribological and vibroacoustic diagnostic methods. Analysis of operational data showed that the observed phenomena, incorrectly interpreted by service personnel as “current increases” indicative of external overloads, were in fact characteristic of induction-motor inrush currents (transient states). Correlating them with the time of failure requires the use of the advanced MCSA (Motor Current Signature Analysis) methodology, which is discussed in detail in the article. The final conclusions of the study are formulated as guidelines for maintenance personnel, defining procedures to be followed when early signs of degradation occur, such as the presence of wear debris in the oil (in accordance with ISO 4406) or changes in the vibroacoustic signature of the equipment (in accordance with ISO 10816-3).

Literatura

1. Biały, W., Hąbek, P. (2018). Narzędzia inżynierii jakości w analizie awaryjności ścianowych kompleksów wydobywczych. Kraków, *Mining – Informatics, Automation and Electrical Engineering*, no. 3(533).
2. Brizmer, V., Stadler, K., Drogen, van M., Han, B., Matta, C., Piras, E. (2016). The Tribological Performance of Black Oxide Coating in Rolling/Sliding Contacts, Philadelphia. *Tribology Transactions*, 60 (3), s. 557–574, <https://doi.org/10.1080/10402004.2016.1186258>.
3. DIN 51517-3, Lubricants – Lubricating oils – Part 3: Lubricating oils CLP; Minimum requirements.
4. Evans, M.-H., (2012). White etching cracks: the cause or effect? *Materials Science and Technology*, vol. 28, no. 1.
5. Hong, L., Jaspreet, S.D. (2013). A time-domain fault detection method based on an electrical machine stator current measurement for planetary gear-sets. *IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics*. IEEE.
6. ISO Standard 15243. (2004). Rolling Bearings-Damage and Failures-Terms, Characteristics and Causes, BSI British Standards.
7. ISO 12925-1:2018, Lubricants, industrial oils and related products (Class L) – Family C (Gears) – Part 1: Specifications for lubricants for enclosed gear systems.
8. ISO 6336-3:2019, Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 3: Calculation of tooth bending strength.
9. ISO 4406:1999 (najczęściej stosowana wersja): Hydraulic fluid power – Fluids – Method for coding the level of contamination by solid particles.
10. Kimura, Y., Okada, K. (1989). Lubricating properties of oil-in-water emulsions. *Tribol Trans*, 32: 523–532, <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10402008908981921>.
11. Kłysz, S. (2015). Podstawy wytrzymałości materiałów, Warszawa: Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych.
12. Kocańda, S. (1978). *Zmęczeniowe niszczenie metali*, Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.
13. Krzemiński-Freda, H. (1989). *Łożyska toczne*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe (PWN).
14. Lewis, W. (1893). Investigation of the strength of gear teeth. *American Machinist* no. 16: 10.
15. Müller, L. (1996). *Przekładnie zębate: projektowanie*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne PWN.
16. PN-G-42042:1998: Środki ochronne i zabezpieczające w elektroenergetyce kopalnianej. Zabezpieczenia zwarciowe i przeciążeniowe. Wymagania i zasady doboru.
17. Purdy, B. (2014). Economical route to protecting motors: group motor protection per NEC Article 430.53 “downsizes” over-current protection while still keeping installations safe. *Machine Design* no. 86.4, s. 64–68.
18. Sandvik Mining and Construction, (2012). Podręcznik Użytkownika ZE-MR340X-Ex-S-133-153126-072012.
19. Sleight, C. (2010). Sandvik launches new roadheader for construction markets, www.constructionbriefing.com/news/sandvik-launches-new-roadheader-for-construction-markets/1058301.article (data dostępu: 2026).
20. Standard ANSI/AGMA 1010-F14, Appearance of Gear Teeth – Terminology of Wear and Failure.
21. Szala, J. (2005). Ocena stanu obiektu poddanego eksploatacyjnym obciążeniom na podstawie hipotezy linii statych uszkodzeń zmęczeniowych. *Diagnostyka* no. 34, Warszawa. Wyd. Polskie Towarzystwo Diagnostyki Technicznej.
22. Tallian, T.E. (1992). The failure atlas for hertz contact machine elements. *Mechanical Engineering*, no. 114.3: 66.
23. Way, S. (1935). Pitting due to rolling contact. *Journal of Applied Mechanics*, vol. 2, issue.2, s. A49–A58, <https://doi.org/10.1115/1.4008607>.
24. Wojnar, G., Łazarz, B. (2006). Wykrywanie różnych uszkodzeń kół przekładni zębatych. *Diagnostyka* no. 3, s. 41–58, Warszawa: Wyd. Polskie Towarzystwo Diagnostyki Technicznej.
25. Zhang, J, Liu, H., Jaspreet, S.D. (2012). Gear fault detection in planetary gearbox using stator current measurement of ac motors. *Dynamic Systems and Control Conference*, vol. 45295. American Society of Mechanical Engineers.

Kontrola korozji i zapobieganie uszkodzeniom rurociągów przesyłowych w kopalniach ropy naftowej i gazu ziemnego

dr inż. Dariusz BĘBEN¹

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy, Kraków

TREŚĆ: Obecnie dostępnych jest wiele systemów do monitorowania szybkości postępu korozji, istnieje także szereg scenariuszy jej kontroli. Wiedza ta pomaga operatorom (inwestorom) i naukowcom w ustalaniu priorytetów. Rurociągi ropy naftowej i gazu ziemnego stanowią kluczowy element infrastruktury energetycznej, ponieważ dostarczają te paliwa kopalne z sektorów wydobywczych do odbiorców końcowych. Dlatego niezawodność i bezpieczeństwo rurociągów mają zasadnicze znaczenie. Przemysł naftowy i gazowniczy ponosi duże wydatki na usuwanie awarii związanych z korozją rurociągów, dlatego operatorzy muszą je stale monitorować, by przeciwdziałać temu zjawisku. Straty spowodowane awariami korozyjnymi są główną motywacją dla przemysłu do opracowania dokładnych modeli konserwacji, opartych na wynikach badań i analizie częstotliwości awarii. Obserwacja miejsc, w których awarie występują najczęściej, prowadzenie monitoringu oraz stosowanie ochrony antykorozyjnej odgrywają istotną rolę w zmniejszaniu wskaźników awaryjności i zwiększaniu bezpieczeństwa rurociągów. Monitoring i działania zapobiegawcze wspomagają proces decyzyjny w przemyśle naftowym, pozwalając przewidywać awarie oraz określać terminy kontroli, konserwacji lub wymiany skorodowanych odcinków. W artykule omówiono aspekty zapobiegania korozji (wydłużanie czasu eksploatacji) poprzez zastosowanie inhibitorów korozji w rurociągach przesyłowych ropy naftowej i gazu ziemnego, a także różne uwarunkowania wpływające na ich skuteczność.

SŁOWA KLUCZOWE: awaria rurociągu; korozja rurociągów; system monitoringu korozji; inhibitory korozji; ochrona przed korozją

1. Wstęp

Awarie powstałe w wyniku postępującej, niekontrolowanej korozji instalacji przemysłowych mają negatywny wpływ nie tylko na działalność zakładów wydobywczych, lecz także na bezpieczeństwo załogi obsługującej instalacje oraz na środowisko. Korozja materiałów konstrukcyjnych rurociągów i instalacji przemysłowych, wywołana agresywnym działaniem wydobywanych płynów złożowych, jest nieodłącznym elementem procesu pozyskiwania ropy naftowej i gazu ziemnego. Instalacje służące wstępnemu przygotowaniu ropy naftowej i gazu ziemnego do transportu narażone

są zarówno na korozję ogólną, jak i korozję miejscową. Nierzadko dochodzi do perforacji ścian instalacji eksploatacyjnych i rurociągów, co prowadzi do powstania niekontrolowanych wycieków ropy naftowej lub gazu ziemnego – skutkujących skażeniem środowiska, zagrożeniem pożarowym oraz awariami, które podwyższają koszty produkcji.

Aby sprostać tym wyzwaniom, od lat stosuje się i rozwija metody badawcze umożliwiające rozpoznanie i zapobieganie korozji. Rozwiązanie problemu przez wybór materiałów odpornych na korozję lub przez zastosowanie skutecznych technik zabezpieczeń często nie jest możliwe ze względów technicznych, a w niektórych przypadkach nie znajduje uzasadnienia ekonomicznego. W takich sytuacjach działania zaradcze związane z nieuniknionym występowaniem korozji często ograniczają

¹ e-mail: beben@inig.pl



► Rys. 1. Fragmenty rur obrazujące korozję ogólną i wżerową

► Fig. 1. Pipe sections showing general and pitting corrosion

się do monitorowania jej postępu. Obecnie dostępnych jest kilka metod monitorowania, które pozwalają kontrolować głównie postęp korozji ogólnej. Korozja ogólna występuje wtedy, gdy materiał konstrukcyjny ulega jednolitej degradacji na całej powierzchni mającej kontakt z agresywnym medium. Na rysunku 1 przedstawiono kilka przykładów korozji.

Dostępne są różne metody i techniki pomiarowe, które są na tyle zaawansowane, że można uznać, iż problem monitorowania korozji ogólnej został rozwiązany. Większe trudności występują natomiast przy monitorowaniu korozji wżerowej, która ze względu na losowy charakter lokalizacji uszkodzeń materiału jest przy zastosowaniu konwencjonalnych metod pomiaru szybkości korozji trudna do zlokalizowania, a tym samym do monitorowania. Na rysunku 2 zobrazowano przykładową korozję wżerową.

Obecnie główny nacisk w obszarze zarządzania korozją w przemyśle wydobywania ropy naftowej i gazu ziemnego powinien zostać położony na badania umożliwiające identyfikację takich zagrożeń. Dokładne poznanie mechanizmów korozji wżerowej dla danego gatunku stali oraz identyfikacja potencjalnych synergii pomiędzy agresywnymi czynnikami występującymi w ropie naftowej i gazie ziemnym powinny pomóc w wyborze odpowiedniego systemu monitorowania.

Monitorowanie pozwala także określić rozległość zagrożeń korozyjnych. Bardzo istotnym aspektem jest stosowanie badań nieniszczących (NDT – *non-destructive testing*). Badania te są kluczowe dla oceny jakości, wykrywania potencjalnych usterek oraz zapewnienia bezpieczeństwa i niezawodności w przemyśle, umożliwiając bowiem kontrolę stanu rurociągów i instalacji oraz ocenę efektywności zastosowanych technologii ochrony (Patel, 2022).

Dla operatora instalacji niezwykle istotne jest poznanie rzeczywistej szybkości korozji rurociągów. Znamość tego parametru w różnych miejscach pozwala ocenić zasięg zastosowanej metody ochrony oraz warunki jej eksploatacji; umożliwia określenie przybliżonych terminów remontów oraz zastosowanie optymalnej ilości dozowanych inhibitorów lub modyfikatorów, liczby i rozmieszczenia anod oraz parametrów prądowo-napięciowych w ochronie katodowej. Problem monitorowania korozji w celu zwiększenia bezpieczeństwa rurociągów i instalacji przemysłowych wymaga nowego spojrzenia i stawia nowe wyzwania przed personelem zajmującym się zapobieganiem temu zjawisku.

2. Monitoring awarii rurociągów – nowe możliwości i kierunki

Eksploatacja rurociągów transportujących ropę naftową i gaz ziemny od odwiertu do zakładów przerobczych, podobnie jak każdego innego systemu rurociągów czy instalacji, wiąże się z ryzykiem ich uszkodzenia – zarówno wskutek procesów korozyjnych, jak i działalności osób trzecich. O ile ingerencję mechaniczną trudno przewidzieć, o tyle procesy związane z oddziaływaniem czynników korozyjnych można monitorować i prognozować. Przy obecnie dostępnych środkach technicznych stosunkowo łatwo jest śledzić przebieg korozji, przewidywać zachodzące procesy i oceniać stan techniczny instalacji. Najefektywniejszą metodą minimalizacji ryzyka jest zapobieganie awariom, które mogą prowadzić do katastrof lub skażenia środowiska. Ważnym elementem jest też systematyczna diagnostyka eksploatowanych rurociągów poprzez cykliczną ocenę ich stanu technicznego (Patel, 2022; Ho, El-Borgi, Patil i Song, 2019).



► Rys. 2. Fragment rurociągu obrazujący korozję wżerową

► Fig. 2. Section of a pipeline showing pitting corrosion



► Rys. 3. Fragment rurociągu pokryty warstwą inhibitora korozji

► Fig. 3. Section of pipeline coated with a layer of corrosion inhibitor

Na świecie opracowano wiele technik i technologii pomiarowych wykorzystujących różne zjawiska fizyczne do oceny stanu technicznego rurociągów i instalacji. Jedną z powszechnych metod pozwalających na bezinwazyjną kontrolę jest wykorzystanie badań ultradźwiękowych. Badania ultradźwiękowe są jedną z technik badań objętościowych NDT, co oznacza, że dzięki ich zastosowaniu możliwe jest wykrywanie wad w całej objętości badanego materiału (Wang, Zhong, Lee, Fancey i Mi, 2020; Tian, Palaev, Shammazov i Ren, 2024; Zang, Xu, Lu, Zhu i Zhang, 2023). Technika ta bazuje na rozchodzeniu się fal ultradźwiękowych w badanych materiałach. Badanie ultradźwiękowe polega na analizie zarejestrowanych impulsów pochodzących z nieciągłości materiałowych oraz odbić od dna badanego elementu albo od granic ośrodków o różnej prędkości rozchodzenia się fal (Sarwar i in., 2024; Ma i in., 2021).

Analizie poddawane są wielkość napotkanego uszkodzenia oraz szereg innych parametrów pola ultradźwiękowego (m.in. natężenie, kierunek propagacji fal i czas ich przejścia przez materiał). W zależności od doboru parametrów tego pola możliwe jest wykrycie wad wewnętrznych oraz nieciągłości powierzchniowych i podpowierzchniowych (Gupta, Khan, Butola, i Singari, 2021).

Szczegółowe obrazowanie 3D uszkodzeń rurociągów można uzyskać z pomocą TFM (*Total Focusing Method*)

opartej na technice rekonstrukcji obrazu. W tej metodzie urządzenie wieloelementowe emituje pulsujące fale ultradźwiękowe (Chen i in., 2023; Wright i in., 2019). Proces przetwarzania obwiedni sygnałów pierwotnych i wtórnych pozwala uzyskać obraz uszkodzeń o dużej rozdzielczości (Bęben, 2019).

Znane są również ultradźwiękowe metody wykrywania procesów destrukcyjnych wywołanych oddziaływaniem wodoru na właściwości mechaniczno-elektrochemiczne metali i stopów (Martinez, Cid, Badillo i Aguilar, 2025; Ahmed, Rasha, 2025). Do takich metod zalicza się techniki wykrywania korozji wodorowej rurociągów, urządzeń i elementów instalacji narażonych na działanie wodoru w podwyższonych temperaturach (powyżej 200°C) – tzw. wysokotemperaturowy atak wodorowy (HTHA). Mechanizm ten można wykryć we wczesnej fazie, co ma kluczowe znaczenie dla zapobiegania dalszym uszkodzeniom.

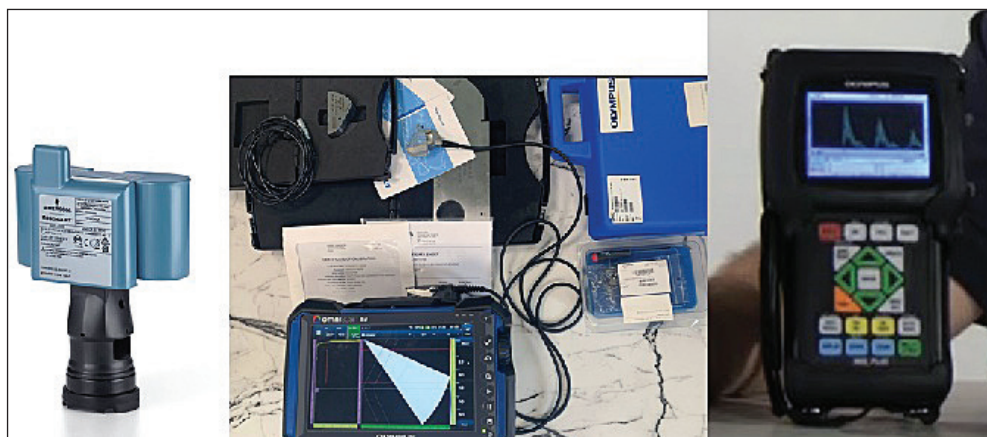
Badania ultradźwiękowe mogą być prowadzone ręcznie, półautomatycznie oraz w pełni zautomatyzowanie (np. zautomatyzowane inteligentne systemy kontroli jakości instalacji przesyłowych). To uniwersalna i wiarygodna metoda monitorowania korozji rurociągów. Kluczowe znaczenie ma prawidłowe rozmieszczenie punktów pomiarowych – wybór lokalizacji opiera się na analizie konstrukcji rurociągów oraz zmian kierunku i prędkości przepływu. Aby uzyskać pełny obraz stanu technicznego rurociągu, należy łączyć różne techniki pomiarowe, które wzajemnie się uzupełniają (Zang, Xu, Lu, Zhu i Zhang, 2023; Sarwar i in., 2024; Gupta, Khan, Butola i Singari, 2021).

W przypadku rurociągów istotną rolę odgrywają doświadczenie personelu wykonującego pomiary oraz dokładność tych pomiarów. Równie ważne są umiejętności obsługi aparatów ultradźwiękowych i doświadczenie w tego typu badaniach. Badania pozwalają ocenić stan techniczny rurociągu i często umożliwiają wczesne wykrycie defektów ścianki rurociągu. Monitorowanie rurociągów pozwala na wczesnym etapie ocenić stan techniczny, określić plan kolejnych inspekcji i na tej podstawie podjąć racjonalne kroki zapobiegające awariom (Chen i in., 2023; Bęben, 2019). Bezprzewodowy, nieinwazyjny monitoring korozji jest niezbędny w działach utrzymania ruchu, pomaga na bieżąco śledzić postępy korozji, oceniać stan instalacji oraz optymalizować



► Rys. 4. System monitorowania postępu korozji za pomocą sondy

► Fig. 4. A system for monitoring corrosion progression using a probe



► Rys. 5. Bezprzewodowe monitorowanie korozji i erozji UT

► Fig. 5. Wireless UT monitoring of corrosion and erosion

działania przy jednoczesnym maksymalizowaniu bezpieczeństwa.

W przemyśle naftowym występuje kilka rodzajów korozji. Korozja elektrochemiczna, np. w płuczkach wiertniczych, które często są wodnymi roztworami soli i sprzyjają reakcjom elektrochemicznym, oraz korozja wywołana czynnikami chemicznymi, takimi jak obecność tlenu, wody, siarkowodoru czy dwutlenku węgla, są powszechne. Skutki procesów korozyjnych, szczególnie korozji wżerowej, mogą prowadzić do awarii w wyniku przebicia rury w miejscu głębokiego wżeru (Martinez, Cid, Badillo, i Aguilar, 2025; Ahmed, Rasha, 2025; Knaislová i in., 2025). Awaryje występują także wskutek korozji międzykrystalicznej, powodującej znaczne pogorszenie własności wytrzymałościowych elementów metalowych (Knaislová i in., 2025). W celu przeciwdziałania negatywnym skutkom korozji stosuje się powłoki ochronne, tzw. warstwy powierzchniowe z inhibitorami korozji, których podstawową funkcją jest odizolowanie chronionego metalu od agresywnego środowiska. Dzięki odpowiedniemu doborowi składu chemicznego inhibitora warstwy te skutecznie chronią metal przed korozją (Yanshuang i in., 2024). W przemyśle naftowym, zarówno podczas wykonywania wierceń, jak i w procesie wydobywania oraz dystrybucji węglowodorów, niezależnie od stosowanych powłok ochronnych, w rurociągach i instalacjach powszechnie wykorzystuje się inhibitory. Inhibitory korozji dozowane są pod ciśnieniem do wydobywanej ropy naftowej czy gazu ziemnego. Wysoka jakość inhibitorów oraz ich właściwy dobór pozwalają znacznie wydłużyć żywotność rurociągów i urządzeń eksploatacyjnych, a tym samym przedłużyć okres pracy instalacji i zmniejszyć ryzyko awarii. Odpowiednio dobrane inhibitory tworzą na powierzchni rur trwałą warstwę ochronną, zapobiegając powstawaniu wżerów oraz wspomagając pasywację już istniejących uszkodzeń (Mao, Zhao i Wang, 2023; Enahoro, Iluobe, 2025; Kremieniewski, 2022).

Już od momentu budowy rurociągu należy zwracać szczególną uwagę na techniki ochrony przeciwkorozyjnej, poczynwszy od doboru stali, przez obróbkę chemiczną użytej stali i powłokę ochronną rur, aż po stosowanie monitoringu i zabezpieczeń przeciwkorozyjnych (Chengyin i in., 2023; Bęben, 2014; Bęben, 2019). System monitorowania korozji za pomocą sondy przedstawiono

na rys. 4. Z kolei na rys. 5 pokazano czujniki służące do ultradźwiękowych pomiarów korozji. Korzyści ekonomiczne wynikające z wdrożenia kompleksowej strategii zapobiegania temu zjawisku są znane właścicielom obiektów (złóż ropy naftowej i gazu ziemnego) od dawna. Koszty zapobiegania korozji w tych branżach przyjmuje się zwykle przy założeniu, że stanowią one około jednej dziesiątej lub mniej kosztu wymiany rurociągów i urządzeń eksploatacyjnych (Ait i in., 2026; Bęben, 2020; Odor i in., 2024). Zwrot nakładów w stosunku 10:1 jest rzadko spotykany w działalności gospodarczej, odzwierciedla jednak wyraźne korzyści ekonomiczne wynikające z zastosowania nowoczesnych technologii przeciwkorozyjnych (np. stosowania środków chemicznych – inhibitorów) oraz z optymalizacji kosztów monitorowania rurociągów i instalacji eksploatacyjnych (Bęben, 2021; Tripathy, Chauhan i Quraishi, 2026). Istnieją też inne sposoby ochrony rurociągów przed korozją, np. ochrona katodowa, jednak są one droższe w eksploatacji.

3. Inhibitory

Inhibitorami korozji nazywamy substancje, które dodane do środowiska korozyjnego powodują wyraźne zmniejszenie szybkości korozji przez hamowanie procesu anodowego, katodowego albo obu tych procesów jednocześnie. W zależności od rodzaju hamowanego procesu rozróżnia się inhibitory anodowe, katodowe oraz mieszane.

Inhibitory anodowe zazwyczaj są anionami. W roztworach elektrolitów przemieszczają się one do powierzchni anody i z jonami rozpuszczającego się metalu tworzą trudno rozpuszczalne związki, które pasywują powierzchnię metalu. Z tego powodu inhibitory anodowe często nazywa się pasywatorami. Wśród inhibitorów anodowych występują liczne związki nieorganiczne, np. ortofosforany. Chociaż inhibitory anodowe są bardzo efektywne i mają szerokie zastosowanie praktyczne, mogą też wywołać niepożądane efekty. Gdy stężenie inhibitora jest zbyt małe, aby pokryć całą powierzchnię anodową, powstają warunki, w których powierzchnia katody (F_k) jest znacznie większa od powierzchni anody (F_A). W rezultacie może to prowadzić do powstawania korozji wżerowej – w takich sytuacjach zastosowanie inhibitora może wyrządzić więcej szkody niż pożytku.

Inhibitory katodowe hamują szybkość procesu katodowego. Efekt ten można osiągnąć albo poprzez zmniejszenie aktywnej powierzchni katod, albo poprzez zmniejszenie stężenia czynnika warunkującego szybkość procesu katodowego (np. przez usunięcie tlenu lub redukcję stężenia jonów wodorowych). Pierwszy mechanizm realizowany jest przez substancje (np. $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ i ZnSO_3), które tworzą z jonami OH^- trudno rozpuszczalne związki wytrącające się na powierzchni katodowej. Natomiast do usuwania tlenu z roztworu korozyjnego stosuje się odtleniacze, np. siarczyny czy hydrazynę (N_2H_4 , zapisywaną też jako $\text{NH}_2\text{--NH}_2$).

Inhibitory mieszane hamują jednocześnie procesy anodowe i katodowe. Do tej grupy należą głównie inhibitory organiczne zawierające w cząsteczce atom azotu lub siarki. Charakteryzują się one zdolnością adsorpcji na całej powierzchni metalu (zarówno na obszarach anodowych, jak i katodowych), co prowadzi do istotnego zmniejszenia powierzchni metalu mającej kontakt z agresywnym środowiskiem. Do inhibitorów mieszanych zalicza się m.in. aminy alifatyczne i aromatyczne, organiczne związki siarki, pochodne tiofenu oraz aniliny. Związki zawierające atom siarki są zwykle skuteczniejszymi inhibitorami niż analogiczne związki azotowe, ponieważ siarka jest lepszym darczyńcą elektronów (ma dwie wolne pary elektronowe, podczas gdy azot ma jedną). Dzięki temu siarka wykazuje większą zdolność do tworzenia wiązań koordynacyjnych z niezapełnionymi d-orbitalami chronionego metalu, co zwiększa trwałość adsorpcji inhibitora.

Efektywność działania wszystkich typów inhibitorów określa się, podając procentowe zmniejszenie szybkości procesu rozpuszczania metalu wywołane dodaniem inhibitora:

$$I = U_0 - U / U_0 \times 100\% \quad (1)$$

gdzie:

I – efektywność ochrony inhibitora [%],

U_0 – szybkość korozji metalu bez dodatku inhibitora,

U – szybkość korozji metalu po dodaniu inhibitora.

Literatura podaje, że dobrze dobrany inhibitor ogranicza postęp korozji w 95% przy użyciu 0,008% środka, a w 90% przy użyciu 0,004% środka. Zazwyczaj skuteczność środka zależy od wielu czynników: ciśnienia, temperatury, szybkości przepływu, powierzchni oraz składu i ilości czynników powodujących korozję (woda, CO_2 , H_2S , NaCl itp.) (Ismayilov, Iskenderov i Ismayilova, 2021; Li i in., 2021; Vishnuvardhan, Murthy i Choudhary, 2022). Na rysunku 3 czerwonym okręgiem zaznaczono miejsce badania grubości warstwy ochronnej, z której wynika, że inhibitor korozji pokrył powierzchnię rury, a grubość warstwy wynosiła 256,24 μm . Badana warstwa była konsystencji gumy, ciągliwa, dobrze przylegała do powierzchni. Ciągłe dawkowania inhibitora korozji do wody złożowej wykazały, że prędkość korozji uległa obniżeniu z 0,0129 mm/rok do 0,0046 mm/rok. Efektywność inhibitorów wynosiła więc 53% i 64% w stosunku do środowiska bez inhibitora. Badania efektywności w środowisku ropy naftowej wykazały, że po użyciu inhibitora prędkość korozji spadła z 0,0142 mm/rok do 0,0023 mm/rok. Efektywność wynosiła więc 83% w stosunku do środowiska bez inhibitora (Bęben, 2014; Bęben, 2019).

Prace prowadzone w ostatnich latach w zakresie monitorowania korozji umożliwiły wczesne wykrywanie awarii, a zastosowanie inhibitorów znacząco ograniczyło postęp procesów korozyjnych w rurociągach, instalacjach i urządzeniach. W rezultacie wydłużono okresy ich eksploatacji oraz zmniejszono częstotliwość wymiany rur wydobywczych i przesyłowych, a także urządzeń stosowanych w kopalniach ropy naftowej i gazu ziemnego.

4. Podsumowanie

Wdrożenie monitoringu korozji w celu określania ubytków korozyjnych pozwala na wczesne wykrycie zagrożenia awarią oraz na ocenę stosowanych zabezpieczeń, których celem jest wydłużenie czasu eksploatacji rurociągów, instalacji i urządzeń. Zastosowanie ultradźwiękowej aparatury pomiarowej pozwala na bezinwazyjne pomiary grubości ścianki rur, wykrywanie korozji wodorowej oraz pomiary grubości ścianki przez powłokę i samej grubości powłoki, co umożliwia rzetelną ocenę stanu rurociągów, instalacji i urządzeń.

Aby chronić rurociągi, celowe jest dobranie odpowiednich inhibitorów korozji, które skutecznie spowalniają proces niszczenia. Ze względu na sposób aplikacji inhibitory można podzielić na dwie grupy: stosowane okresowo oraz stosowane ciągle. Zarówno inhibitory korozji stosowane ciągle, jak i okresowo spełniają kryteria użycia ich podczas wydobywania ropy naftowej i gazu ziemnego. Powodują one zapobieganie korozji równomiernej przez pokrycie rurociągu warstwą ochronną, która uniemożliwia powstawanie wżerów i wspomaga pasywację istniejących uszkodzeń.

Zastosowanie inhibitorów korozji pozwala zredukować koszty wymiany rur wydobywczych, przesyłowych i urządzeń oraz ograniczyć liczbę awarii, co przekłada się na zwiększenie bezpieczeństwa personelu i ochronę środowiska.

Posiadając taką bazę informacji o stanie rurociągów, można zastosować modele sztucznej inteligencji, które mogą pomóc w identyfikacji rurociągów wysokiego ryzyka oraz ustaleniu priorytetów czynności kontrolnych i konserwacyjnych. Prowadzi to do obniżenia kosztów i poprawy bezpieczeństwa. Możliwości sztucznej inteligencji mogą być wykorzystywane przez osoby odpowiedzialne za zarządzanie rurociągami do zapobiegania uszkodzeniom rurociągów, ograniczania szkód środowiskowych i efektywnego wykorzystania zasobów.

Należy docenić potrzebę ciągłego prowadzenia prac badawczo-rozwojowych mających na celu dalsze ograniczanie skutków korozji, które wpływają na aspekty ekonomiczne, środowiskowe i ludzkie. Osoby podejmujące decyzje mają coraz większą świadomość znaczenia korozji, jej konsekwencji oraz faktu, że procesy te można ograniczać i należy je kontrolować.

W Zakładzie Technologii Eksploatacji Płynów Złożowych INiG – PIB prowadzone są prace badawczo-rozwojowe ukierunkowane na potrzeby i problemy przemysłu. Na ich podstawie wdrożono nowoczesne rozwiązania technologiczne w zakresie monitorowania szybkości korozji. Prace realizowane w ostatnich latach umożliwiły wczesne wykrywanie awarii, a zastosowanie inhibitorów znacząco ograniczyło postęp korozji rurociągów, instalacji i urządzeń.

Abstract: There are currently many systems available for monitoring the rate of corrosion progression, and a number of scenarios for its control also exist. This knowledge helps operators (investors) and researchers prioritize actions. Crude oil and natural gas pipelines are a key component of the overall energy infrastructure because they transport crude oil and natural gas from production fields to end users; therefore, the reliability and safety of these pipelines is essential. The oil and gas industry incurs significant expenses in repairing pipeline failures caused by corrosion. Therefore, pipeline operators must continuously monitor and prevent corrosion. Losses caused by corrosion-related failures are a primary motivation for the oil and gas industry to develop accurate maintenance models based on research findings and observations of failure frequency. Monitoring and observing frequent pipeline failure locations, combined with implementing anti-corrosion protection, play a significant role in reducing failure rates and enhancing pipeline safety. Monitoring and prevention support decision-making in the oil and gas industry by enabling the prediction of failures and allowing determination of the timing for maintenance or replacement of corroded pipelines. This article discusses aspects of corrosion prevention (prolonging service life) through the use of corrosion inhibitors in transmission pipelines for crude oil and natural gas, as well as the various factors that affect their effectiveness.

Literatura

1. Ahmed, A.M., Rasha, H. (2025). A Comprehensive Survey on Pipeline Monitoring Technologies: Advancements, Challenges, Market Opportunities and Future Directions, *Journal of Pipeline Science and Engineering*, 100353, <https://doi.org/10.1016/j.jpse.2025.100353>.
2. Bęben, D. (2014). „Ochrona chemiczna metali przed korozją na przykładzie wybranych kopalń gazu ziemnego”. *Ochrona przed korozją*, 12, s. 478–481.
3. Bęben, D. (2019). „Badania skuteczności działania wybranych inhibitorów korozji stosowanych okresowo w przemyśle wydobywczym”. *Ochrona przed korozją*, 11: 376381.
4. Bęben, D. (2020). The effectiveness of chemicals used in the process of transmitting crude oil from the well to the processing plant, *Nafta-Gaz* 76 (11):774-783, <https://doi.org/10.18668/NG.2020.11.02>.
5. Bęben, D. (2021). The Influence of Temperature on Degradation of Oil and Gas Tubing Made of L80-1 Steel. *Energies* 14, no. 20: 6855. <https://doi.org/10.3390/en14206855>.
6. Chen, P., Li, R., Jia, G., Lan, H., Fu, K., & Liu, X. (2023). A Decade Review of the Art of Inspection and Monitoring Technologies for Long-Distance Oil and Gas Pipelines in Permafrost Areas. *Energies*, 16(4), 1751, <https://doi.org/10.3390/en16041751>.
7. Chengyin, J., Xiang-zhou, L., Xiao-juan, L. et al. (2023). Preparation and anti-corrosion performance of temperature-resistant self-healing coating for L80 Pipe. *International Journal of Electrochemical Science*, volume 18, issue 4, <https://doi.org/10.1016/j.joes.2023.100041>.
8. Enahoro, M.O., Iluobe, C. (2025). Mechanical Integration in Oil and Gas Systems. *Journal of Materials Engineering, Structures and Computation*, 4(3), p. 102–121. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16942831>.
9. Gupta, M., Khan, M. A., Butola, R., Singari, R.M. (2021). Advances in applications of Non-Destructive Testing (NDT): A review. *Advances in Materials and Processing Technologies*, 8(2), 2286–2307, <https://doi.org/10.1080/2374068x.2021.1909332>.
10. Ho, M., El-Borgi, S., Patil, D., i Song, G. (2019). Inspection and monitoring systems subsea pipelines: A review paper. *Structural Health Monitoring*, 19(2), 606–645, <https://doi.org/10.1177/1475921719837718>.
11. Iravani, D., Esmaeili, N., Akbarinezhad, E. et al. (2025). Influence of Donor and Acceptor Groups on the Inhibition Performance of Benzamide Derivatives in CO₂-Saturated Media: Experimental and Theoretical Researches. *J. of Materi Eng and Perform* 34, 20787–20805, <https://doi.org/10.1007/>.
12. Ismayilov, G.G., Iskenderov, E.K., Ismayilova, F.B. (2021). Problems of Hydrodynamic Corrosion in Multiphase Pipelines. *Prot Met Phys Chem Surf*, 57, 147–152, <https://doi.org/10.1134/S2070205121010123>.
13. Knaislová, A., Zmeko, J., Reiser, M., Macháček, N., Vojtěch, D. (2025). Hydrogen Embrittlement of Ferritic-Perlitic and Martensitic Pipe Steels. *Manufacturing Technology*. 25. DOI:10.21062/mft.2025.064.
14. Kremieniewski, M. (2022). Improving the Efficiency of Oil Recovery in Research and Development. *Energies*, 15, 4488. <https://doi.org/10.3390/en15124488>.
15. Li, R., Fu, K., Wang, K. et al. (2025). Development and application of ultra-high definition magnetoelectric composite in-line inspection tool[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 46(10): 1929–1942.
16. Ma, Q., Tian, G., Zeng, Y., Li, R., Song et al. (2021). Pipeline In-Line Inspection Method, Instrumentation and Data Management. *Sensors*, 21(11), 3862, <https://doi.org/10.3390/s21113862>.
17. Mansour, A.A., Dahbi, M., Kumar, U.P. et al. (2026). “Alkyl Chain Influence on the Adsorption and Corrosion Inhibition of Imidazolium-Based Ionic Liquids on Stainless Steel: A DFTB Investigation”. *ChemistrySelect* 11, no. 4: e04928. <https://doi.org/10.1002/slct.202504928>.
18. Mao, Gangtao, Zhao, Bingliang, Wang, Kai. (2023). Condensation distribution and evolution characteristics of water vapor in annulus of flexible riser. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*. 13. 1847–1864, <https://doi.org/10.1007/s13202-023-01648-9>.

19. Martinez. C., C.S., Cid, G.J.J., Badillo M.A.E., Aguilar L. A.A. (2025). Techniques for Analyzing Soil Aggressiveness to Assess the Impact of Corrosion Using Artificial Intelligence on the Mechanical Integrity of Pipelines in the Oil and Gas Industry ASME. *J. Pressure Vessel Technol*, <https://doi.org/10.1115/1.4070691>.
20. Odor, E., Adekeye, M., Owunna, et al. (2024). Advanced Non-Destructive Testing Techniques For Pipeline Integrity Assessment. *Path of Science*, 10(10), 2068–2075, <http://dx.doi.org/10.22178/pos.109-23>.
21. Patel, R. (2022). A review on Non-Destructive Testing (NDT) Techniques: Advances, Researches and Applicability. *International Journal of Current Science Research and Review*, 05(04), <https://doi.org/10.47191/ijcsrr/v5-i4-59>.
22. Sarwar, U., Mokhtar, A. A., Muhammad et al. (2024). Enhancing pipeline integrity: a comprehensive review of deep learning-enabled finite element analysis for stress corrosion cracking prediction. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 18(1), <https://doi.org/10.1080/19942060.2024.2302906>.
23. Tian, Y., Palaev, A. G., Shammazov, I. A., i Ren, Y. (2024). Non-destructive testing technology for corrosion wall thickness reduction defects in pipelines based on electromagnetic ultrasound. *Frontiers in Earth Science*, 12, <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1432043>.
24. Tripathy, D.B., Chauhan, D.S., Quraishi, M.A. (2026). „Advances in Surfactants as Inhibitors for Corrosion Protection”. In: Ikhmayies, S.J. (eds.) *Advances in Surfactants Technologies. Advances in Material Research and Technology*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-07376-1_4.
25. Vishnuvardhan, S., Murthy, A. R., i Choudhary, A. (2022). A review of pipeline failures, defects in pipelines and their assessment and fatigue life prediction methods. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 201, 104853, <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2022.104853>.
26. Wang, B., Zhong, S., Lee, T. et. Al. (2020). Non-destructive testing and evaluation of composite materials/structures: A state-of-the-art review. *Advances in Mechanical Engineering*, 12(4), <https://doi.org/10.1177/1687814020913761>.
27. Wright, R.F., Lu, P., Devkota, J. et al. (2019). Corrosion Sensors for Structural Health Monitoring of Oil and Natural Gas Infrastructure: A review. *Sensors*, 19(18), 3964, <https://doi.org/10.3390/s19183964>.
28. Yanshuang, G., Wencai, L., Nan, L. et al. (2024), Pipeline defect detection system based on phased array excitation technology *J. Phys.: Conf. Ser.*, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2834/1/012079>.
29. Zang, X., Xu, Z., Lu, H. et al. (2023). Ultrasonic guided wave techniques and applications in pipeline defect detection: A review. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 206, <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2023.105033>.

Wybrane działania profilaktyczne w wyrobiskach zagrożonych zjawiskami geogazodynamicznymi – studium przypadków

prof. dr hab. inż. **Nikodem SZŁĄZAK**
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków
dr inż. **Tomasz SOŁTYSIAK**¹
JSW S.A. KWK „Pniówek”, Pawłowice
mgr inż. **Henryk SAMBORSKI**
Okręgowy Urząd Górniczy, Rybnik

TREŚĆ: W artykule opisano działania profilaktyczne związane ze zwalczaniem zagrożeń dynamicznych, do których w ostatnich latach dołączyło zagrożenie geogazodynamiczne. Natura tego zjawiska w znacznym stopniu komplikuje funkcjonowanie kopalń. Odpowiednie zaprojektowanie i wdrożenie działań zmierzających do obniżenia ryzyka w aspekcie dalszej eksploatacji złóż będzie wyzwaniem dla kadry inżyneryjno-technicznej i jednostek naukowo-badawczych. W artykule opisano wątpliwości oraz doświadczenia kopalniane związane z wdrażaniem i stosowaniem działań profilaktycznych, w dużej mierze opartych na doświadczeniach dolnośląskiego zagłębia węglowego, gdzie wyrzuty gazów i skał były zagrożeniem dominującym. Ponadto podano przykłady wpływu robót strzałowych na wydzielanie się metanu do wyrobisk górniczych, co umożliwia ich dalsze drażnienie, w partiach szczególnie narażonych na zjawiska dynamiczne. Podczas kontrolowanego prowokowania wyrzutów gazów i skał odnotowywano przypadki, gdy objętość wydzielonego metanu przekraczała 1800 m³.

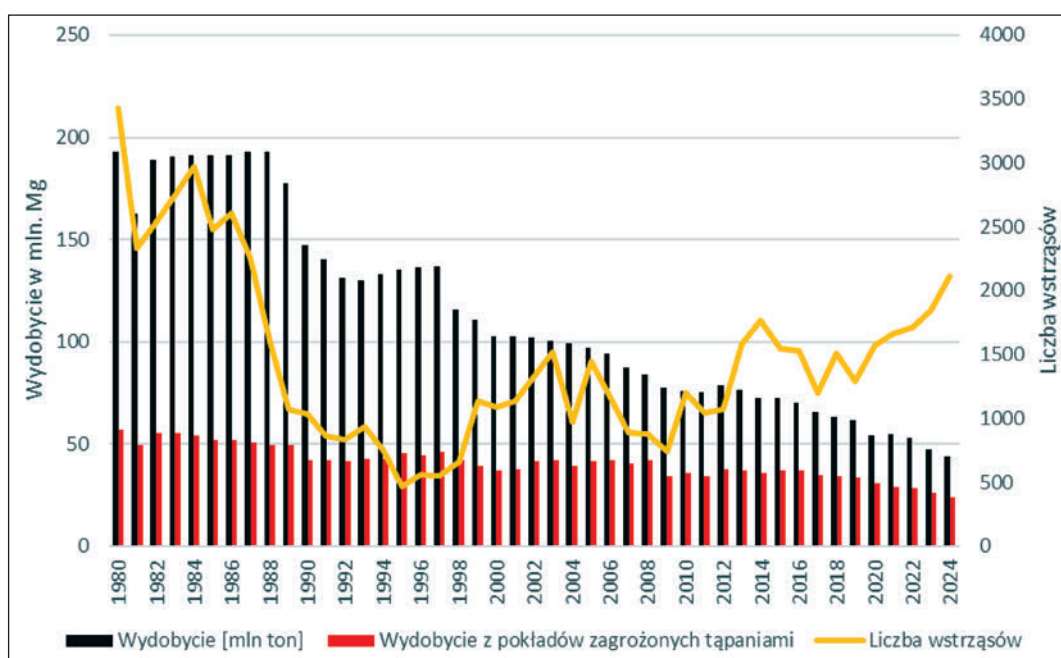
SŁOWA KLUCZOWE: zjawiska dynamiczne; zjawiska geogazodynamiczne; roboty strzałowe; profilaktyka wyrzutów gazów i skał

1. Wstęp

Eksploatacja złóż węgla kamiennego w Polsce z każdym rokiem ulega zmniejszeniu, co w oczywisty sposób powinno wpływać na stabilizację, a nawet obniżenie liczby zagrożeń występujących w zakładach górniczych. Mimo że w 2024 roku wydobyto nieco ponad 43 mln ton węgla, w porównaniu do 2004 r., gdy wydobyte sięgało prawie 100 mln ton węgla, liczba zdarzeń oraz zjawisk dynamicznych związanych z górotworem wcale nie uległa znacznemu zmniejszeniu (WUG, 2025). W obliczu tych danych kluczowe dla kopalń stają się prawidłowa klasyfikacja zjawisk dynamicznych i dobór adekwatnej profilaktyki.

Interakcja zagrożeń naturalnych coraz częściej rzutuje na bezpieczeństwo załóg oraz tempo robót. W literaturze przedmiotu i praktyce inżynierskiej jako bezpośrednie następstwa naruszenia równowagi w górotworze wyróżnia się klasyczne typy zjawisk, takie jak np. wstrząsy, tąpnięcia czy wyrzuty. Jednak specyfika zdarzeń z ostatnich lat stała się determinantem do zdefiniowania nowego rodzaju zagrożenia – zjawiska geogazodynamicznego. Choć obecnie w obowiązujących przepisach regulujących ruch zakładu górniczego brakuje legalnej definicji, szczegółowy opis zjawiska stał się przedmiotem licznych prac (Korzec, 2025), (Rawicki, 2022), (Zmarzły, 2022). Aktywacja zagrożenia następuje w wyniku naruszenia równowagi stanu w górotworze, prowadząc do wstrząsu. Następstwem tego zjawiska może być odprężenie lub tąpnięcie w wyrobisku, uwalniające duże ilości gazów.

¹ tsoltysiak@pniówek.jsw.pl



► Rys. 1. Poziom wydobycia wraz z wstrząsami w podziemnym przemyśle wydobywczym (WUG, 2025)

► Fig. 1. Production levels and seismic activity in the underground mining industry (State Mining Authority (SMA), 2025)

Kopalnie przenoszą się na coraz głębsze poziomy wydobywcze, muszą w konsekwencji mierzyć się z intensyfikacją zagrożeń naturalnych oraz ich koincydencją (Swolkień i Szlązak, 2021). Częste pożary endogeniczne, wstrząsy i tąpnięcia oraz metan wydzielający się do przestrzeni wyrobisk stają się zagrożeniami przodującymi, to do nich dobiera się odpowiednie środki profilaktyki. Niejednokrotnie zagrożenie, które nie było uznane za istotne, staje się dominującym, wpływając na bezpieczeństwo i wzrost kosztów wydobycia, a za tym idącą decyzję o zasadności dalszej eksploatacji. Dlatego właściwe definiowanie przyczyn i skutków staje się zadaniem skomplikowanym.

Odpowiednie scharakteryzowanie i pełne rozpoznanie zdarzeń może ujawnić nowe spojrzenie na klasyfikację zagrożeń naturalnych. Obecnie katalog zagrożeń po zaistniałych wypadkach i katastrofach nie wydaje się zamknięty dla górnictwa zarówno polskiego, jak i światowego, dla którego określono wszystkie możliwe warianty i działania profilaktyczne. Niniejszy artykuł ma zainicjować cykl badań i obserwacji zmierzających nie tyle do zdefiniowania kolejnych zagrożeń, ale przybliżenia problemów i działań profilaktycznych, z jakimi mierzą się zakłady górnicze.

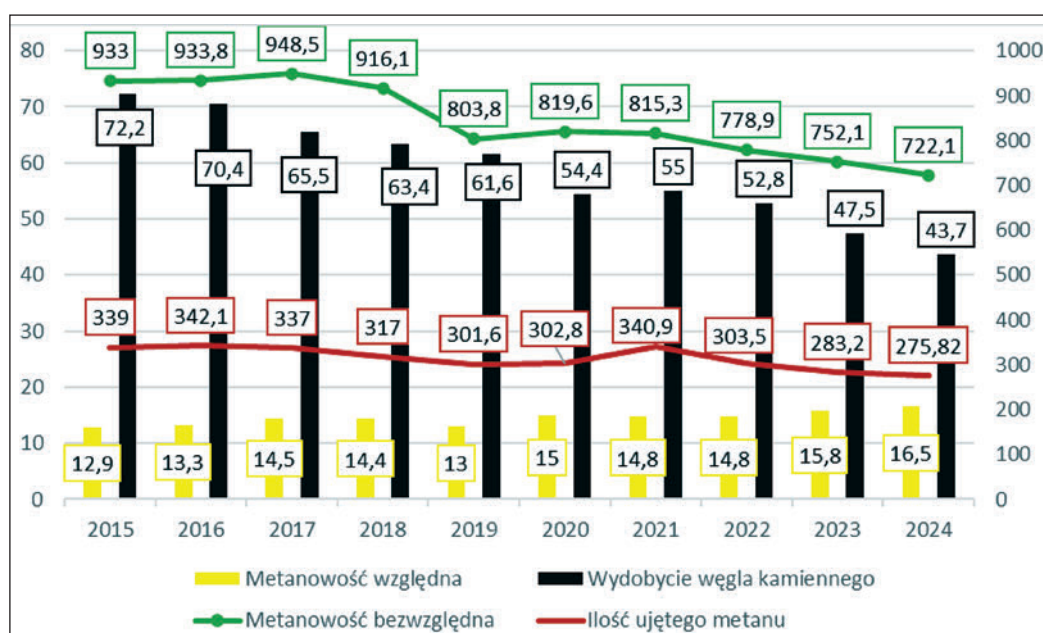
2. Wpływ zagrożenia tąpnięciami i metanowego na eksploatację złóż

Rosnąca w ostatnich latach skala zagrożeń niewątpliwie partycypuje w kosztach wydobywczym. Nakłady inwestycyjne, postęp techniczny oraz zdobywane doświadczenia stały się podstawą do sformułowania tezy o skutecznym wyeliminowaniu ryzyka pochodzącego z natury. Jednak górotwór udowodnił, że pomimo osiągniętych celów mogą nastąpić kolejne tragedie, dlatego zagadnienia związane z rozpoznawaniem i zwalczaniem zagrożeń muszą ewoluować.

Część zagrożeń można w sposób jednoznaczny skategoryzować (Rozporządzenie o zagrożeniach naturalnych, 2016) czy określać działania mające minimalizować ich skutki, jednak nie można ich w jednoznaczny sposób wskazać lub oszacować, gdzie i w jakim czasie będą występowały. Stwarza to poważny problem zarówno dla załóg górniczych, ruchu zakładu górniczego, jak i pośrednio dla osób mieszkających w rejonie prowadzonej eksploatacji w związku z naruszeniem pierwotnego stanu naprężeń występujących w górotworze. Uwidacznia się to przede wszystkim w przypadku wstrząsów. Z czysto teoretycznego punktu widzenia wraz z obniżaniem poziomu wydobycia podczas likwidacji kopalń liczba wstrząsów wysokoenergetycznych powinna się zmniejszać lub być na względnie niskim poziomie. Jednak głębokość wydobycia surowców oraz inne właściwości skał w otoczeniu wyrobisk sprawiają, że stan zagrożenia kształtuje się zupełnie inaczej.

Z danych dotyczących wydobycia (rys. 1) wynika, że jego poziom systematycznie się obniża, w 2024 r. wyniósł 43,7 mln Mg (WUG, 2025). Porównując jednak procentowy udział wydobycia z pokładów zaliczonych do jednego ze stopni zagrożenia tąpnięciami z pokładami niezaliczonymi, okazuje się, że ponad połowa eksploatacji była prowadzona w warunkach zagrożenia. Ponadto w 2024 r. liczba wstrząsów – o energii 1×10^5 J – przekroczyła 2100, osiągając wynik z 1987 r., gdy wydobycie węgla kamiennego oscylowało na poziomie 190 mln Mg. Na rysunku 1 zobrazowano zależność wstrząsów wysokoenergetycznych na tle wydobycia i zagrożenia tąpnięciami eksploatowanych pokładów.

Zagrożenie tąpnięciami w części przypadków wpływa na stan zagrożenia metanowego w związku z występującymi wstrząsami górotworu, które powodują wydzielanie się dużych ilości gazu. Zdarzenia o takim charakterze doprowadziły m.in. do katastrof w kopalniach (WUG, 2025).



➤ Rys. 2. Metanowość bezwzględna, wentylacyjna i ilość metanu ujętego w latach 2015–2024 (WUG, 2025)

➤ Fig. 2. Absolute methane content, ventilation-related methane content and the volume of methane captured between 2015 and 2024 (State Mining Authority (SMA), 2025)

Nowoczesne technik pomiarowe, odmetanowanie czy właściwe rozcięcie złożeń nie dają pewności, że zagrożenie zostanie zredukowane nawet w minimalnym stopniu. W wielu zakładach górniczych zagrożenie determinuje ograniczenie postępu robót, co wpływa w oczywisty sposób na inne zagrożenia, chociażby pożarami endogenicznymi. Zgodnie z danymi tylko trzy kopalnie prowadzą wydobycie z pokładów niemetanowych, natomiast cztery zakłady górnicze zalicza się do I kategorii zagrożenia metanowego. W 2024 r. na 43,7 mln Mg wydobytego węgla kamiennego aż 84,4% pochodziło z pokładów metanowych, z czego ponad 50% było eksploatowanych w IV kategorii zagrożenia metanowego.

Do kopalń o najwyższej metanowości bezwzględnej w roku 2024 należały KWK „Knurów-Szczygłowie” Ruch Szczygłowie – 116,32 mln m³ oraz KWK „Pniówek” – 79,56 mln m³. Zagrożenie metanowe w ostatniej dekadzie zmniejszyło się, jednak wciąż pozostaje na relatywnie wysokim poziomie (rys. 2).

W 2024 r. wydobycie węgla kamiennego prowadzone było w 19 zakładach górniczych, jednak wzrost jego głębokości czy intensyfikacja i zastosowanie wysoko wydajnych kompleksów ścianowych powoduje, że zakłady górnicze, które wcześniej nie doświadczały zdarzeń związanych z tąpniętami czy metanem, są postawione przed decyzjami, czy dalej prowadzić eksploatację złóż i przedsięwziąć niezbędne – dostępne – środki profilaktyki, czy zrezygnować z robót górniczych.

Ponadto, mówiąc o zagrożeniu metanowym, w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym należy również wspomnieć o zagrożeniu wyrzutami gazów i skał, które niewątpliwie należy do katalogu zagrożeń dynamicznych. Ocenę wielokryterialną wyrzutów gazów i skał wraz z katalogiem tych zjawisk wykonano zarówno dla rejonów eksploatowanych wyrobisk ścianowych (Rawicki, 2022), jak i drążonych wyrobisk korytarzowych (Korzec, 2025), (Zmarzły, 2022).

3. Rozpoznawanie i zwalczanie zagrożeń

W myśl art. 117 (Prawo geologiczne i górnicze, 2011) zagrożenia w ruchu zakładu górniczego muszą być rozpoznawane i na tej podstawie „(...) podejmowane środki zmierzające do zapobiegania i usuwania tych zagrożeń”. Cytowany artykuł zgodnie z ustawodawcą jest delegowany do przedsiębiorcy, który przede wszystkim musi posiadać niezbędną wiedzę – kadre, praktykę, ale również środki w celu spełnienia zapisów artykułu. Obowiązek wynikający z przytoczonego przepisu dotyczy wszystkich zagrożeń występujących w ruchu zakładu górniczego, m.in. od ruchu maszyn i urządzeń, działalności samego człowieka czy środowiska występującego na stanowisku pracy (Schwarz, 2011).

Pomimo braku jednoznacznego nawiązania do zagrożeń naturalnych przepisy wykonawcze związane z prowadzeniem ruchu zakładu górniczego klasyfikują zagrożenia, wskazują m.in. na badania, pomiary czy profilaktykę, jaką musi podjąć przedsiębiorca w celu bezpiecznego prowadzenia ruchu, zatem niewątpliwie dotyczą również tego rodzaju zagrożenia. Zgodnie z przepisami zaliczenia do odpowiedniej klasy, stopnia czy kategorii zagrożeń naturalnych występujących w ruchu zakładu górniczego dokonuje kierownik ruchu zakładu górniczego (dalej: KRZG), zgodnie z art. 118 ustawy (Prawo geologiczne i górnicze, 2011). Zaliczenie to dokonywane jest na podstawie kryteriów oraz dokumentacji określonej w rozporządzeniu (Rozporządzenie o zagrożeniach naturalnych, 2013). Rozporządzenie to (Rozporządzenie o zagrożeniach naturalnych, 2013) wydane zostało na podstawie art. 118 ust. 4 ustawy (Prawo geologiczne i górnicze, 2011), w którym ustawodawca wydelegował ministra właściwego do spraw gospodarki surowcami energetycznymi. To on w porozumieniu z ministrem właściwym do spraw środowiska (obecnie ministrem klimatu i środowiska) określi w drodze rozporządzenia kryteria zaliczenia do odpowiednich zagrożeń

naturalnych w zależności od wydobywanej kopaliny oraz niezbędną dokumentację, o której już wspomniano.

Ponadto w cytowanym akcie prawnym pojawiają się przesłanki, na podstawie których zaliczenia dokonuje się po wcześniejszym zaopiniowaniu przez rzeczoznawcę lub uprawnioną jednostkę naukowo-badawczą. Dlatego do zagadnień związanych z rozpoznawaniem, właściwą oceną oraz zwalczaniem zagrożeń należy podchodzić w sposób kompleksowy, łącząc wieloletnie doświadczenie praktyczne (kopalniane) z wiedzą teoretyczną. Takie podejście pozwala na szersze i bardziej rzetelne spojrzenie na analizowane problemy.

Rozporządzenie (Rozporządzenie o zagrożeniach naturalnych, 2013) niewątpliwie stanowi punkt wyjścia przy „zapewnieniu bezpieczeństwa i higieny pracy, bezpieczeństwa powszechnego oraz bezpieczeństwa ruchu zakładu górniczego”. Nasuwa się jednak myśl, czy dany katalog zagrożeń jest zamknięty, czy jest jeszcze miejsce dla innych zagrożeń, które dopiero zaczęły nabierać na znaczeniu w związku ze zwiększeniem głębokości wydobywania. Mając to na względzie, należy podkreślić, iż wiele zagrożeń może być związanych ze współwystępowaniem lub z wpływem, a zarazem z inicjacją, podczas której następuje wyzwolenie innego zagrożenia. Niewątpliwie determinuje to nowego rodzaju wyzwania, z jakimi mierzyć się muszą zakłady górnicze i kadra zarządzająca.

Jednym z przykładów połączenia wiedzy praktycznej i doświadczenia różnych jednostek naukowo-badawczych są wyrobiska drążone w partiach zagrożonych wyrzutami gazów i skał. W KWK „Pniówek” w związku ze wzmożonym wydzielaniem się metanu oraz potencjalnym zagrożeniem ze strony zaburzeń tektonicznych w jednym wyrobisku wykorzystano różne działania profilaktyczne, których zadaniem jest bezpieczne dokończenie drążenia wyrobisk umożliwiających eksploatację pokładu 404/4+405/1 w najbliższych latach.

W toku prac zespołów powołanych przez KRZG zgodnie z § 240 pkt 2 (Rozporządzenie o prowadzeniu ruchu podziemnych zakładów górniczych, 2016), poszerzonych o grono naukowców, wypracowano działania zarówno dla zagadnienia profilaktyki pasywnej, jak i aktywnej, zmierzającej do zapewnienia jak największego bezpieczeństwa. Na szczególną uwagę zasługuje profilaktyka aktywna w odniesieniu do robót strzałowych, co wiąże się z wywołaniem wstrząsów, wzmożonym wpływem metanu lub inicjacją wyrzutu gazu i skał bez obecności osób w rejonie prowadzonych robót. W związku z tym zauważalny jest wzrost zużycia materiałów wybuchowych w kopalni. Wiąże się to z kosztami, które przedsiębiorca jest zmuszony ponieść, obejmującymi zarówno zużycie środków strzałowych, jak i wiercenie długich otworów strzałowych, ograniczenie postępów planowanych robót oraz zaangażowanie pracowników, którzy w tym czasie muszą być skierowani do zabezpieczenia wyrobiska i właściwych robót.

4. Działania profilaktyczne stosowane w podziemnych zakładach górniczych na przykładzie KWK „Pniówek”

Jednym z pierwszych działań poczynionych dla zabezpieczenia załogi w KWK „Pniówek” był zakup aparatów powietrznych butlowych natychmiastowego użycia.



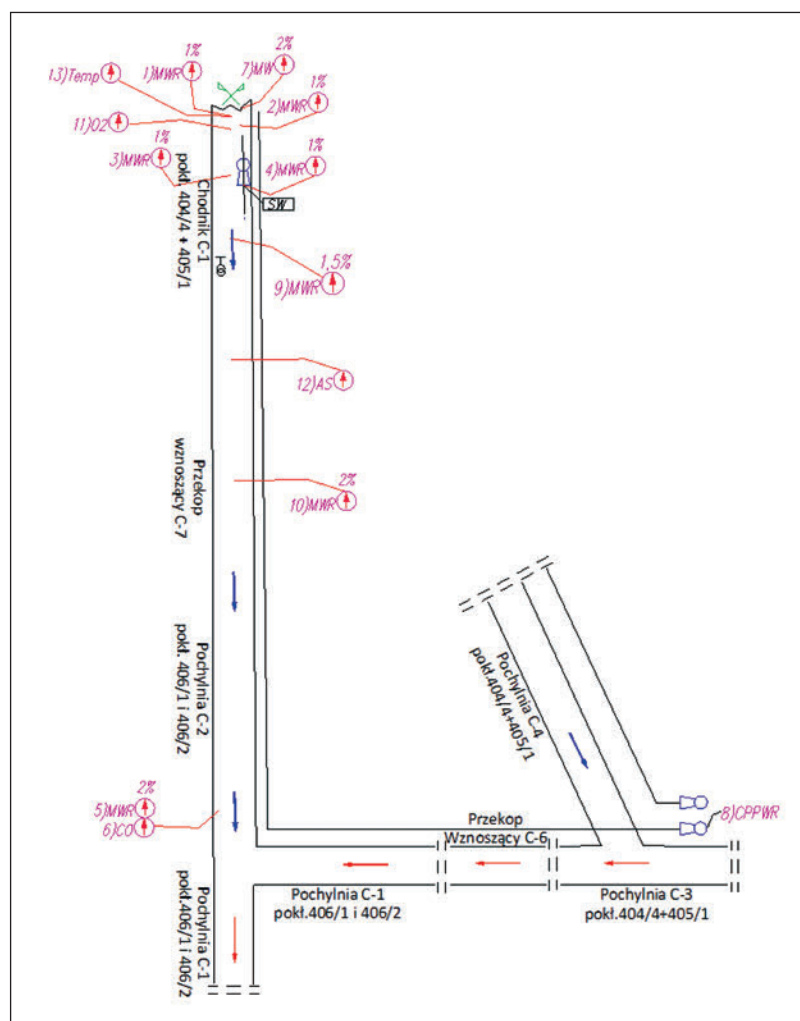
► Rys. 3. Pracownik z aparatem powietrznym butlowym natychmiastowego użycia

► Fig. 3. Worker equipped with an immediate-use self-contained compressed-air breathing apparatus

Główną zaletą tego rodzaju sprzętu ucieczkowego jest jego natychmiastowe użycie, które określa się na okres do 3 sekund (Instrukcja, 2019). Aparat umieszczony jest na pasie biodrowym pracownika, natomiast rurka z ustnikiem jest poprowadzona do wysokości twarzy. Dzięki regulacji pasów aparat może być dostosowany do indywidualnej budowy anatomicznej pracownika (rys. 3). W przypadku wystąpienia zagrożenia pracownik wyjmując energicznym ruchem z kabury ustnik i wkłada do ust, następnie zakłada zacisk nosowy i aparat jest gotowy do użycia. Użytkownik rozpoczyna oddychanie powietrzem pochodzącym z butli znajdującej się na pasie biodrowym. Aparat służy do indywidualnego użycia i jest przede wszystkim urządzeniem przejściowym, czas jego działania wynosi 5 minut. Wykorzystanie tego rodzaju sprzętu umożliwia również komfortową pracę w samym przodku drążonego wyrobiska, m.in. przy pracach związanych z zabudową odrzwi obudowy czy transporcie ręcznym.

Następnym działaniem wdrożonym w kopalni „Pniówek” w celu sprawnego i pewnego podejmowania decyzji o wycofaniu lub użyciu aparatów ucieczkowych była zabudowa czujników do pomiaru zawartości tlenu w powietrzu kopalnianym, które wraz z postępem przodka są przebudowywane. Czujniki zabudowuje się na wysokości ok. 2/3 wyrobiska i konfiguruje dwa progi:

- próg 1 – 19% – w przypadku obniżenia się zawartości tlenu w powietrzu poniżej danego progu pojawi się komunikat o treści: „spadek zawartości tlenu – natychmiast wycofać się ze ślepego wyrobiska do opływowego prądu powietrza”,
- próg 2 – 17% – w przypadku obniżenia się zawartości tlenu w powietrzu poniżej danego progu pojawi się komunikat o treści: „spadek zawartości tlenu – za-



► Rys. 4. Schemat czujników w systemie gazometrii automatycznej

► Fig. 4. Schematic diagram of sensors in an automatic gas monitoring system

łożyć aparat ewakuacyjny i wycofać się ze ślepego wyrobiska do opływowego prądu powietrza”.

Komunikat jest nadawany przy wykorzystaniu telefonosygnalizatorów zabudowanych w wyrobisku.

Rozmieszczenie czujników gazometrii automatycznej, przedstawione na rysunku 4, stanowi kompletne zabezpieczenie załogi górniczej zatrudnionej w wyrobisku. Sygnalizacja alarmowa połączona z przedmiotowym systemem gazometrii, oprócz podstawowych funkcji związanych z wyłączeniem maszyn i urządzeń, ostrzega załogę o przekroczonych wartościach dopuszczalnych stężeń gazów, pozwala również w rzetelny sposób określić poziom zagrożenia i ilość gazu wydzielanego w poszczególnych procesach technologicznych.

5. Roboty strzałowe prowadzone w warunkach zagrożenia geogazodynamicznego

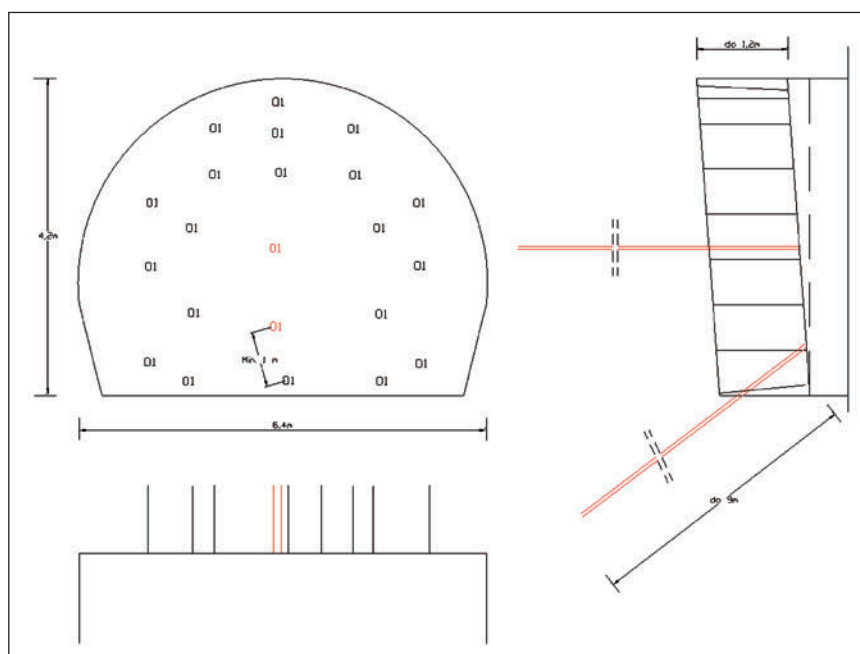
Kolejne działania polegały na wdrożeniu aktywnej profilaktyki w zakresie robót strzałowych, w związku z tym pojawiło się wiele kontrowersji i niejasności, gdyż zjawisko geogazodynamiczne nie znalazło jeszcze swojego odniesienia w przepisach górniczych, również w zakresie stosowanej profilaktyki niewiele można odszukać w literaturze. W związku z tym należałoby m.in. stosować zasady profilaktyki zarówno dla warun-

ków drażenia w partiach zagrożonych tąpnięciami, jak i wyrzutami gazów czy skał. Analiza obowiązujących rozporządzeń (Rozporządzenie o przechowywaniu i używaniu środków strzałowych i sprzętu strzałowego, 2016), (Rozporządzenie o prowadzeniu ruchu podziemnych zakładów górniczych, 2016) wskazuje, że tematyka zagrożenia wyrzutami gazów i skał w kontekście robót strzałowych w kopalniach węgla kamiennego jest ujęta w sposób lakoniczny, co skutkuje brakiem szczegółowych kryteriów oceny tego zjawiska.

Brak regulacji oraz jasno sprecyzowanych możliwości stosowania materiałów wybuchowych i zabezpieczenia załogi powoduje rozbieżności w interpretacji przepisów. W leksykonie górniczym (Olszewski, 1986) oraz w publikacjach, gdzie powoływano się na rozporządzenie (Hobler, 1982), (Kozłowski, Polak i Prokop, 2014), (Materiały komisji, 1963), (Materiały komisji, 1969) – już nieobowiązujące – wyszczególnia się dwa rodzaje strzelania centralnego:

- z powierzchni, tak jak to ma miejsce w KS „Kłodawa”;
- z wyrobisk dołowych (pod ziemią), np. w zlikwidowanym Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym.

Wskazane uwarunkowania istotnie komplikują dobór metod aktywnej profilaktyki strzałowej w warunkach występowania zjawisk dynamicznych. Sytuację potęguje fakt, że mechanizmy generujące zjawiska geo-



► Rys. 6. Rozmieszczenie otworów w czole przodka

► Fig. 6. Arrangement of boreholes at the working face

OG Krzyżowice III. Wyrobisko drążone jest na głębokości od 1030 do 1075 m.b. Przedmiotowe wyrobisko drążone jest wzdłuż przypuszczalnego (przeniesienie z pokładu 404/2) uskoku (w jego skrzydle zrzuconym) o zrzućcie ~0,5 m, który znajduje się w odległości około $60 \div 10$ m na zachód od wyrobiska; lokalnie na ~290 m.b. uskok ten występuje w odległości ~5 m od zachodniego ociosu chodnika C-1 (rys. 3).

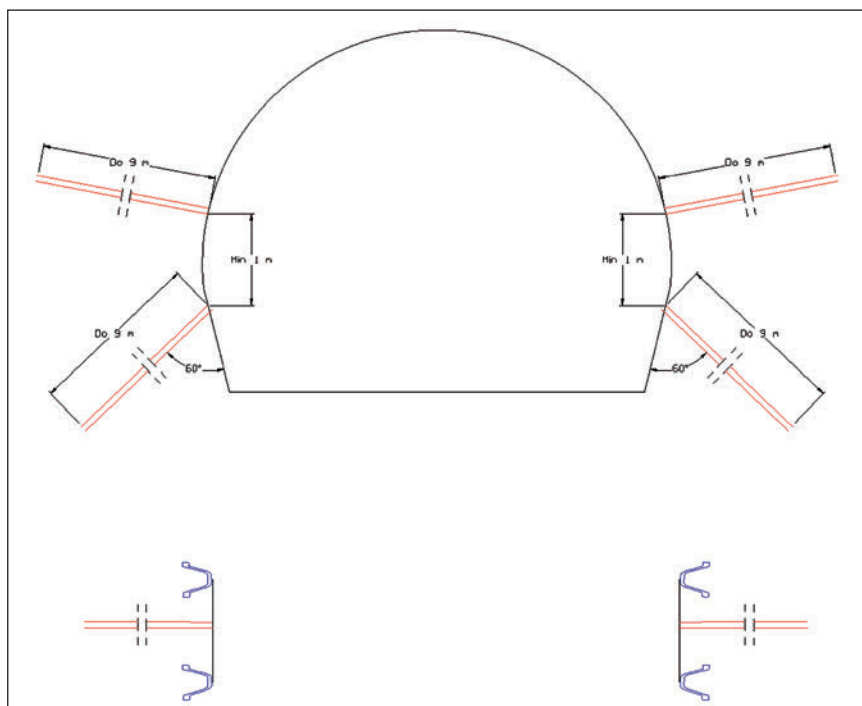
Docelowa długość wyrobiska wyniesie 680 m.b., stanowić ono będzie jeden z chodników przyścianowych ściany C-1 w pokładzie 404/4+405/1 (rys. 5). Wyrobisko rozpoczęto drążyć na północ od przekopu wznoszącego C-7, w którym w rejonie strefy uskokowej zaistniało pierwsze wzmożone wydzielanie metanu. Pokład w tej części partii C zaliczony został do III kategorii zagrożenia wyrzutami gazu i skał, IV kategorii zagrożenia metanowego, klasy B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego oraz I stopnia zagrożenia wodnego. Wyrobisko drążone jest wzdłuż uskoku, który niewątpliwie wpływał na sejsmiczność górotworu oraz w konsekwencji na zjawiska geogazodynamiczne w postaci wzmożonych wpływów metanu po wstrząsach.

20 sierpnia 2025 r. nastąpiło zjawisko, które można zaliczyć do zjawisk geogazodynamicznych, a następnie wydzielanie metanu i przemieszczenie węgla do wyrobiska. Wyliczono, że według wskazań czujnika metanometrycznego, zabudowanego w pochylni C-2 w pokładzie 406/1 i 406/2, w odległości $10 \div 15$ m na północ od skrzyżowania z pochylnią C-1, w ciągu pierwszych 179 min (tj. do spadku wartości stężenia $< 2\%$) wydzielilo się $7088 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$, a w ciągu całego zdarzenia, tj. przez 1970 min (tj. do spadku wartości stężenia do $0,0\%$), wydzielilo się $20\,952 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$. Prowadzone przez dział wentylacji pomiary wskaźników wyrzutowych wykonane na kilka godzin przed zdarzeniem nie wykazały anomalii lub ponadnormatywnych przekroczeń, tj. intensywność desorpcji metanu wynosiła $1,14 \text{ kPa}$, przy zwężności $0,39$ oraz ilości zwiercin na poziomie $0,3 \text{ dm}^3$.

Po zdarzeniu rozpoczęto wdrażanie dodatkowych działań profilaktycznych, w tym dodatkowe roboty strzałowe. W pierwszym etapie wyznaczono bezpieczne miejsca dla pracującej załogi, posilując się doświadczeniami Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego oraz już wcześniej prowadzonymi robotami w partiach zagrożonych wyrzutami gazów i skał. Wycofanie załogi odbywało się na zasadach określonych przez kierownika ruchu zakładu górniczego i obejmowało wyrobiska do upadowej wentylacyjnej do poziomu 1000. Stanowisko odpalania zostało wyznaczone w przekopie wznoszącym C-6, ponad 400 m w obiegowym prądzie powietrza (rys. 6). Wyznaczone miejsca odpalania ładunku zostały dobrane tak, aby powietrze dopływało z innego rejonu lub miejsca te były zlokalizowane w prądzie świeżego powietrza, a roboty strzałowe, które mogłyby wpływać na prąd powietrza i jego jakość, wstrzymano. Z uwagi na cykliczne wykonywanie robót strzałowych wstrząsowo-urabiających podczas jednego odpalania środków strzałowych detonowano maksymalnie 24 kg materiału wybuchowego. Długie otwory strzałowe były wykonane równolegle do osi wyrobiska, przy czym dolny otwór skierowany był w spąg wyrobiska pod kątem 45° , natomiast drugi był wykonany w centralnej części wyrobiska (rys. 7).

Ponadto w odległości maksymalnie do 15 m od czoła przodka prowadzono roboty strzałowe w ociosach wyrobiska. Siatka otworów zakładała wykonanie czterech otworów: po dwa w ociosie wschodnim i zachodnim. Każdy otwór wykonano na długość 9 m. Tożsame roboty strzałowe były prowadzone w kopalniach w warunkach występowania wzmożonych naprężeń górotworu. Przedstawione działania podejmowane w ramach aktywnej profilaktyki ukierunkowane były na odsunięcie strefy nadmiernej koncentracji naprężeń oraz wywołanie „kontrolowanego” wyrzutu gazu i skał.

Poza opisanymi działaniami profilaktyki aktywnej w wyrobisku rozpoczęto roboty strzałowe urabiające.



► Rys. 7. Rozmieszczenie otworów w ociosach wyrobiska

► Fig. 7. Arrangement of boreholes in the working face walls

W wyniku przeprowadzonych prac związanych ze stosowaniem środków strzałowych widoczny był wyraźny wzrost stężenia metanu oraz utrzymywanie tego poziomu przez dłuższą chwilę. Czujniki podłączone do sytemu gazometrii automatycznej wykorzystywane do obliczeń ilości wydzielanego gazu znajdowały się w odległości od 10 do 15 m od pochylni C-1 w pokł. 406/1 i 406/2 z pochylnią C-2 w pokł. 406/1 i 406/2. Odległość od przodka drążonego wyrobiska w najbliższym położeniu wyniosła około 500 m.b. i zwiększała się wraz z postępem robót. Dla badania zjawisk dynamicznych analizowano również aktywność sejsmiczną w trakcie robót strzałowych, nie zaobserwowano jednak wstrząsów, które mogłyby świadczyć o wzroście zagrożenia. Działania profilaktyczne zostały potwierdzone odczyta-

mi z czujników gazometrii automatycznej. Przykładowe raporty zużycia MW wraz z ilością wydzielanego metanu zestawiono w tabeli 1.

Wybrane przykłady robót strzałowych (tab. 1) realizowanych w przodkach zaliczonych do zagrożonych wyrzutami gazów i skał wskazują na wysoką skuteczność podejmowanych środków profilaktyki. Ilość gazu wydzielonego w danym czasie została wyliczona z uwzględnieniem „tła” emisji metanu do strumienia wentylacyjnego w regularnym trybie pracy przodka. A zatem był to metan uwolniony podczas robót strzałowych wykonywanych w ramach profilaktyki.

Dla potwierdzenia działań profilaktycznych podobne roboty strzałowe wprowadzono m.in. w innym wyrobisku przygotowawczym w celu udostępnienia pokładu

► Tab. 1. Zestawienie przykładowych robót strzałowych

► Table 1. Summary of selected blasting operations

Lp.	Data	Miejsce prowadzonych robót strzałowych	Ilość MW [kg]	Średnie stężenie [m ³ /min]	Czas wydzielania metanu po robotach strzałowych [min]	Ilość wydzielanego metanu [m ³]
1	04.11.2025	Chodnik C-1	12	0,8	155	520
2	29.10.2025	Przekop wznoszący C-8	6	1,0	446	1873
3	22.10.2025	Chodnik C-1 w pokł. 404/4+405/1	12	1,0	83	464
4	18.10.2025	Chodnik C-1 w pokł. 404/4+405/1	12	0,8	160	537
5	10.10.2025	Chodnik C-1 w pokł. 404/4+405/1	18	0,8	250	840

404/4+405/1. Przekop wznoszący C-8 jest drążony na północ od przekopu kierunkowego wschodniego taśmowego na poz. 1000 i ma być wykorzystywany jako wyrobisko przeznaczone do odstawy urobku i transportu materiałów m.in. ze ściany C-1 w pokładzie 404/4+405/1. Największe stężenie na wylocie przekopu wznoszącego C-8 odnotowano po robotach strzałowych prowadzonych 29 października 2025 r. wykonywanych pomiędzy zmianami oraz wycofaniu załogi poza wyrobisko z wentylacją odrębną oraz w miejsca, gdzie powietrze zużyte łączyło się z innym prądem powietrza. W trakcie przedmiotowych robót zużyto wyłącznie 6 kg materiału wybuchowego metanowego specjalnego. W wyniku strzelania zanotowano ilość tlenu węgla, która nie przekraczała ilości spodziewanej i obserwowanej dla wcześniej wykonywanych robót strzałowych, natomiast ilość metanu znacznie przekraczała wartości obserwowane przy podobnych robotach strzałowych.

Wskazane przykłady stanowią zaledwie fragment działań profilaktycznych podejmowanych przez zakład w ramach profilaktyki aktywnej. Choć miesięczne zużycie materiałów wybuchowych na poziomie 4200 kg może nie wydawać się imponujące, to szczególną uwagę zwraca ilość metanu wydzielanego po detonacji, która w wielu przypadkach przekraczała 200 m³.

6. Podsumowanie

Bezpieczeństwo w ruchu zakładu górniczego stanowi najważniejszy czynnik, do którego powinno się dobierać środki profilaktyki i podejmować decyzje o dalszej eksploatacji. Przepisy górnicze i prawo pracy nakładają na przedsiębiorcę obowiązek związany z rozpoznawaniem zagrożeń w ruchu zakładu. Precyzyjne rozpoznanie czynników niebezpiecznych stanowi niezbędny element działań podejmowanych w celu określenia adekwatnych do zagrożeń środków profilaktyki. Problem pojawia się wtedy, kiedy nie do końca znany jest mechanizm powstania zagrożeń lub gdy mamy do czynienia z ich mnogością. Koincydencja zagrożeń wymusza dobranie środków profilaktyki do czynnika dominującego, który również może się zmienić podczas drążenia czy eksploatacji złoża.

Egzemplifikacją zmiany jest przykład KWK „Pniówek”, gdzie wraz z drążeniem wyrobisk trzeba było zmodyfikować podejście do części zagrożeń. Jako zagrożenie

dominujące określano pożary endogeniczne oraz metan, natomiast obecnie w drążonych wyrobiskach wiodącymi i wpływającymi na postęp robót są zagrożenia dynamiczne, m.in. geogazodynamiczne. Bieżąca weryfikacja profilaktyki zagrożeń wykazała korelację między ilością użytych środków strzałowych a poziomem wydzielania gazów i energii wstrząsów. Stwierdzono jednak istnienie progu efektywności, po przekroczeniu którego zwiększone zużycie materiałów wybuchowych stawało się ekonomicznie i technicznie nieuzasadnione.

Współczesne zakłady górnicze borykają się z eksploatacją w warunkach heterogenicznej budowy geologicznej, obecnie wydobywane złoża węgla w przeszłości uznawane były za niemal niemożliwe do eksploatacji. Skutkuje to intensyfikacją zagrożeń oraz zmniejszaniem poziomu wydobywania, jak również likwidacją zakładów górniczych. Zauważalne jest to m.in. przy występowaniu wstrząsów wysokoenergetycznych indukowanych działalnością górniczą, ich liczba w 2024 r. przekroczyła 2100. Zagrożenie metanowe również utrzymuje się na wysokim poziomie, w 2024 r. tylko w trzech zakładach górniczych prowadzono eksploatację pokładów niemetanowych, natomiast w jedenastu prowadzono roboty górnicze w pokładach zaliczonych do IV kategorii zagrożenia metanowego. Zatem współwystępowanie zjawisk dynamicznych, przy których w sposób gwałtowny wydzielają się duże ilości gazu, zdarza się coraz częściej. Dlatego odpowiednie rozpoznanie zagrożenia, jego ocena i dobór środków profilaktyki będą stanowiły punkt wyjścia dla bezpiecznej eksploatacji złóż.

Część działań podejmowanych w rejonach zagrożonych prowadzona jest na bazie doświadczeń kopalń Jastrzębskiej Spółki Węglowej, np. dodatkowe czujniki pomiaru tlenu czy wprowadzanie aparatów szybkiego działania. Są jednak działania profilaktyczne, takie jak roboty strzałowe, i zasady ich prowadzenia wynikające z doświadczeń nieistniejącego już Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego, które borykało się ze zjawiskami dynamicznymi w postaci wyrzutów gazów i skał. Obecnie mamy do czynienia również z innego rodzaju zagrożeniem, w odniesieniu do którego przepisy nie w pełni oddają zasady i warunki prowadzenia robót. Fundamentalnym działaniem jest analiza zaistniałych zdarzeń oraz ewaluacja nowych środków profilaktyki na bazie zdobytych doświadczeń.

Selected preventive measures in mine workings at risk of gas-geodynamic phenomena – case studies

Abstract: The article describes preventive measures aimed at controlling dynamic hazards, which in recent years have come to include gas-geodynamic hazards. The nature of this phenomenon significantly complicates mining operations. The appropriate design and implementation of measures aimed at reducing risk in the context of further exploitation of mineral deposits will pose a challenge for both engineering and technical personnel and research institutions. The article discusses concerns and practical mining experience related to the implementation and application of preventive measures, largely based on experience gained in the Lower Silesian coalfield, where gas and rock outbursts were the predominant hazard. In addition, examples are provided of the effect of blasting operations on methane release into mine workings, thereby enabling further driftdrives in areas particularly susceptible to dynamic phenomena. During the controlled triggering of gas and rock outbursts, cases were recorded in which the volume of methane released exceeded 1,800 m³.

Literatura

1. Hobler, M. (1982). *Projektowanie i wykonywanie robót strzelniczych w górnictwie podziemnym*. Katowice: Wydawnictwo Śląsk.
2. Korzec, M. (2025). *Zagrożenie geogazodynamiczne w wyrobiskach korytarzowych drążonych w pokładach węgla kamiennego nasyconych metanem*. Kraków: Wydawnictwo AGH.
3. Kozłowski, Z., Polak, Z., Prokop, P. (2014). *Wyrzuty gazów i skał. Prognoza, kontrola, zwalczanie i ochrona załóg*. Katowice: Wydawnictwo Śląsk.
4. Materiały z prac komisji (1963). Ewidencja wyrzutów gazów i skał i wybrane prace z zakresu wyrzutów gazów i skał w kopalniach węgla kamiennego w dolnośląskim zagłębiu węglowym. Katowice: Wydawnictwo WGH.
5. Materiały z prac komisji (1969). Ewidencja wyrzutów gazów i skał i wybrane prace z zakresu wyrzutów gazów i skał w kopalniach węgla kamiennego w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym. Warszawa: Wydawnictwo Geologiczne.
6. Ministerstwo Górnictwa (1980). Szczegółowe przepisy prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny i brunatny. Katowice: Wydawnictwo Resortowe.
7. Olszewski, J. i inni (1989). *Leksykon górniczy*. Katowice: Wydawnictwo Śląsk.
8. Rawicki, Z. (2022). Wielokryterialna ocena występowania zjawisk geogazodynamicznych w rejonach ścian. Katowice: Główny Instytut Górnictwa (praca doktorska).
9. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 9 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących przechowywania i używania środków strzałowych i sprzętu strzałowego w ruchu zakładu górniczego (Dz.U. z 2017 r. poz. 321).
10. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych (Dz.U. z 2017 r., poz. 1118, z późn. zm.).
11. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 stycznia 2013 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz.U. z 2021 r. poz. 1617).
12. Schwar, H. (2016). *Prawo Geologiczne i górnicze. Komentarz*. Wrocław: Wydawnictwo Amadeus.
13. Swolkień, J., Szlązak, N. (2021). The Impact of the Coexistence of Methane Hazard and Rock-Bursts on the Safety of Works in Underground Hard Coal Mines. *Energies* 2021, 14, 128. <https://doi.org/10.3390/en14010128>.
14. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2026 r. poz. 69).
15. WUG (2024). Ocena bezpieczeństwa pracy, ratownictwa górniczego oraz bezpieczeństwa powszechnego w związku z działalnością górniczo-geologiczną w 2023 roku. Wyższy Urząd Górniczy, Katowice.
16. Zakład Sprzętu Nurkowego „Manta” (2019). Opis techniczny i instrukcja użycia ucieczkowego aparatu powietrznego butlowego natychmiastowego użycia typu Manta.
17. Zmarzły, M. (2022). Wieloparametryczna ocena zagrożenia wyrzutami gazów i skał w drążonych wyrobiskach korytarzowych w pokładach węgla kamiennego południowozachodniej części Niecki Górnośląskiej. Katowice: Główny Instytut Górnictwa (praca doktorska).

Wykorzystanie oprogramowania wspomagającego analizę procesów w czasie rzeczywistym do zarządzania systemem transportu pionowego w Kopalni Soli „Wieliczka” S.A.

dr hab. inż. **Tomasz ROKITA**, prof. AGH
Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica, Kraków
mgr inż. **Rafał PASEK**
Kopalnia Soli „Wieliczka” S.A., Wieliczka
mgr inż. **Piotr TRÓJCA**
Wyższy Urząd Górniczy, Katowice

TREŚĆ: Artykuł dotyczy analizy i optymalizacji systemu transportu pionowego w Kopalni Soli „Wieliczka”, która pełni funkcje turystyczne, uzdrowiskowe i sanatoryjne. Kluczowym wyzwaniem dla jej służb energomechanicznych jest sprawne zarządzanie dużym natężeniem ruchu turystycznego, szczególnie w sezonach wysokiego obłożenia, przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa i komfortu dla zwiedzających. Autorzy wskazują, że transport pionowy realizowany szybem Daniłowicz oraz szybem Regis stanowi „wąskie gardło” systemu obsługi turystów. Na przepustowość wpływa wiele czynników, m.in.: sezonowość, liczebność grup, warunki atmosferyczne czy organizacja ruchu. Dodatkowo konieczne jest uwzględnienie ograniczeń wynikających z ochrony dziedzictwa kulturowego, bezpieczeństwa oraz limitów liczby osób przebywających pod ziemią. Do analizy problemu zastosowano modelowanie i symulacje komputerowe oparte na teorii kolejek. W założeniach do modelu uwzględniono m.in.: zdolność przewozową urządzeń, czas oczekiwania, parametry techniczne szybów oraz rzeczywiste dane dotyczące ruchu turystycznego. Badania objęły różne scenariusze, takie jak maksymalne wykorzystanie urządzeń, rzeczywiste obciążenie i czas ewakuacji określonej liczby osób. Wyniki pokazują, że przy optymalnym wykorzystaniu system transportu pionowego może obsłużyć ok. 9500 osób w ciągu 12 godzin. Jednocześnie transport pionowy pozostaje głównym ograniczeniem przepustowości. Symulacje potwierdzają, że odpowiednie planowanie i wykorzystanie danych pozwala skrócić czas oczekiwania i poprawić efektywność obsługi. Wnioski wskazują na potrzebę dalszej optymalizacji, szczególnie w szybie Daniłowicz. Ze względu na ograniczenia techniczne i konserwatorskie proponuje się modernizację elementów wyciągu, co może podnieść wydajność systemu bez ingerencji w zabytkową strukturę kopalni.

SŁOWA KLUCZOWE: zarządzanie; transport pionowy; szyb kopalniany

1. Wprowadzenie

Kopalnia Soli „Wieliczka” S.A. prowadzi działalność, która obejmuje:

- zabezpieczanie zabytkowej części wyrobisk;
- udostępnianie i upowszechnianie podziemnych atrakcji turystycznych (Trasa Turystyczna, Trasa Górnicza, inne);
- podziemne uzdrowisko.

Transport pionowy z powierzchni do wyrobisk podziemnych kopalni realizowany jest górnictwymi wyciągami szybowymi w szybach Daniłowicza, Kingi oraz urządzeniami transportu specjalnego w szybie Regis. W 2025 roku kopalnię odwiedziło ponad 1,9 mln osób, a w sezonie wysokim w podziemnych wyrobiskach przebywało dziennie około 8–9 tys. zwiedzających. Przy tak dużym natężeniu ruchu turystycznego należy zapewnić sprawne sposoby prowadzenia transportu

osób z podziemnych wyrobisk górniczych. Dzięki odpowiedniej analizie danych można stworzyć rozwiązania, które pozwolą płynnie regulować ruch turystyczny. Oczywiście największe zagęszczenie ruchu przewiduje się w okresie wakacyjnym, wówczas zwiększona liczba turystów stwarza problemy techniczne i organizacyjne związane z obsługą klienta. Większa liczba osób wpływa na czas obsługi całego procesu, powodując niekiedy konieczność oczekiwania ze strony turysty na wyjazd na powierzchnię, a co za tym idzie – bezpieczeństwo osób przebywających w podziemnych wyrobiskach kopalni (Dokumentacja prowadzenia ruchu, 2023).

Warunkiem koniecznym wdrożenia modułów optymalizacyjnych w dowolnych systemach jest zdefiniowanie modelu odpowiadającego rzeczywistemu problemowi. W opisie i modelowaniu rzeczywistych problemów najtrudniejsze zagadnienia dotyczą przemysłowych procesów produkcyjnych, magazynowych i remontowych. Uwzględnienie stochastycznego, wielowymiarowego charakteru zależności oraz konieczności sterowania systemem w czasie rzeczywistym stanowi największe wyzwanie w zakresie określenia parametrów modelu (Chmiel, Kadłuczka i Kwiecień, 2023).

W centralnej części kopalni, w rejonie szybu Daniłowicza, na poziomach I–III znajdują się wyrobiska Trasy Turystycznej udostępnione do zwiedzania, a także organizacji wydarzeń okolicznościowych. Trasę Turystyczną stanowią wyrobiska górnicze rozmieszczone od poziomu I do III. Tworzą ją komory wraz z łączącymi je chodnikami i pochylniami o łącznej długości około 2,8 km. Trasę Turystyczną rozpoczyna się, schodząc przedziałem schodowym szybu Daniłowicza (lub alternatywnie szybem Paderewskiego) do podszybia poziomu I. Dalszą część trasy stanowią wyrobiska górnicze znajdujące się w centrum kopalni od poziomu I do III, obejmujące chodniki i ponad 20 komór. Trasa przystosowana jest do masowego ruchu turystycznego z fragmentami przygotowanymi dla osób niepełnosprawnych ruchowo, w tym na wózkach inwalidzkich. Dla zapewnienia właściwej obsługi masowego ruchu turystycznego w wyrobiskach podziemnych stworzono szereg niezbędnych udogodnień: toalety, karczmę górniczą, dźwig panoramiczny,

kompleks punktów handlowych i gastronomicznych oraz usługowych. Wyjazd turystów możliwy jest szybem Daniłowicza (którego podszybie na poziomie III znajduje się po zachodniej stronie skrzyżowania podłużni Antonia z poprzeczną Kaniów) lub szybem Regis, którego podszybia znajdują się po północnej stronie podłużni Karol.

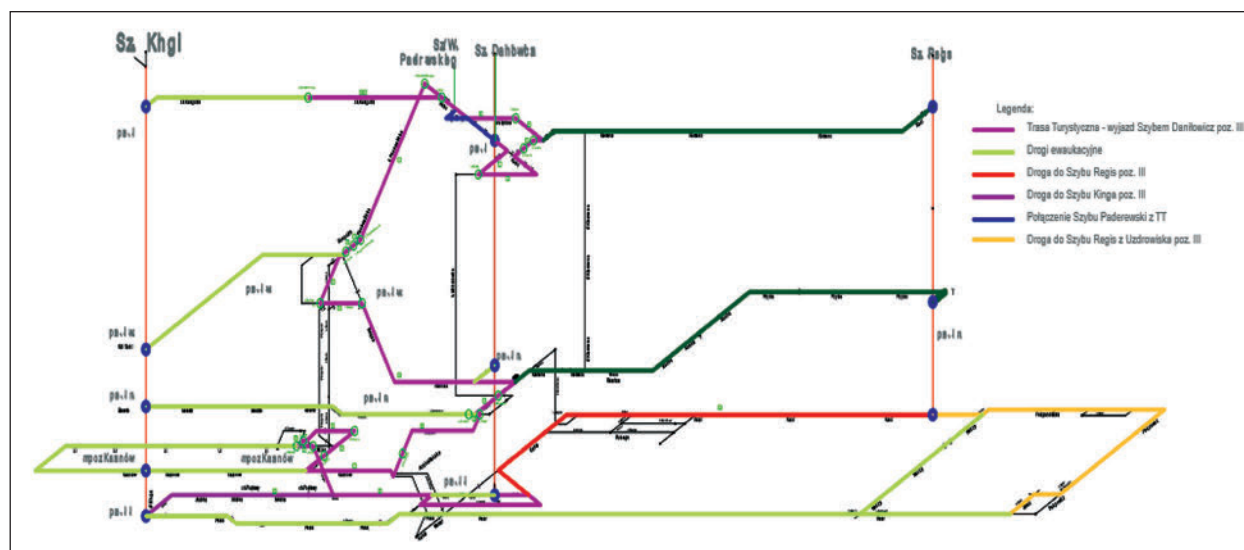
Poza centralną częścią kopalni, w wyrobiskach poziomu III, na wschód od szybu Regis, w komorach Jezioro Wessel, Stajnia Gór Wschodnich, Smok, Feliksa Boczkowskiego oraz w rejonie łączącej je poprzeczni Prokopowicz, poprzeczni Smok i podłużni Wałczyn zlokalizowane zostało podziemne uzdrowisko. W jego skład oprócz wymienionych wyrobisk wchodzi również pomieszczenia medyczne i magazynowe oraz toalety.

Kopalnia Soli „Wieliczka” S.A. prowadzi ruch turystyczny. W ramach działalności do zwiedzania udostępniane są podziemne atrakcje wyrobisk Trasy Turystycznej, Trasy Górniczej, Muzeum Żup Krakowskich oraz tras specjalistycznych.

Transport pionowy osób realizowany jest górniczym wyciągiem szybowym w szybie Daniłowicza oraz urządzeniami transportowymi w szybie Regis.

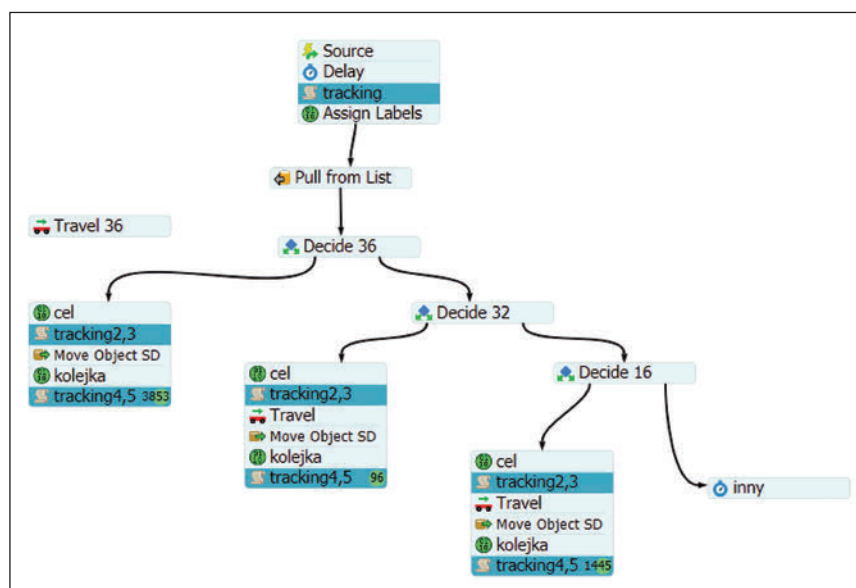
2. Analiza procesów zarządzania systemem transportu pionowego w czasie rzeczywistym

Dynamizm procesu obsługi klienta od chwili zjazdu do wyrobisk aż po wyjazd na powierzchnię może być przykładem dla przeprowadzenia analiz zdolności przewozowej całego systemu obsługi ruchu turystycznego. Na zdolność przewozową ruchu turystycznego wpływ może mieć wiele czynników, takich jak: sezonowość ruchu, warunki atmosferyczne, liczba rezerwacji grupowych i imprezowych, liczba stanowisk obsługi, liczba zjazdów bezpośrednio do wyrobisk, obsługa maszyn i urządzeń, cechy indywidualne turysty (wiek, stan zdrowia). Niektóre z nich mogą być wyliczone precyzyjnie, ale część jest bardzo trudna do oszacowania i ulega szybkim zmianom. Planując obsługę ruchu, należy uwzględnić nie tylko fakt powstawania zakłóceń, ale również prawdopodobieństwo ich wystąpienia i poziom



► Rys. 1. Schemat organizacji ruchu turystycznego i sanatoryjnego w Kopalni Soli „Wieliczka”

► Fig. 1. Organisation of tourist and sanatorium traffic at the “Wieliczka” Salt Mine



► Rys. 2. Schemat wyjazdu turystów z kopalni

► Fig. 2. Scheme of tourist transport from the mine to the surface

zagrożenia, jakie niesie ich pojawienie się dla procesu obsługowego (Koźniewska i Włodarczyk, 1978).

Ze względu na złożoność systemu wskazanie optymalnego rozwiązania jest bardzo trudne, dlatego dla dalszych analiz najlepszym podejściem jest wyznaczenie sieci połączeń podsystemów zdolności przewozowych:

- systemu obsługi klienta (sprzedaż biletów: grupowych, indywidualnych, grup obcojęzycznych);
- systemu Trasy Turystycznej (maksymalna liczba osób w wyrobiskach dołowych);
- systemu transportu pionowego (dźwigi osobowe i górnicze wyciągi szybowe).

Ze względu na powszechnie wykorzystywane techniki rezerwacji i sprzedaży biletów na chwilę obecną nie ma problemów z ich zakupem. Kopalnia wprowadziła możliwość zakupu biletu online, rezygnując z obsługi bezpośredniej klienta. W związku z tym podsystem związany z obsługą, sprzedażą biletu nie będzie rozpatrywany.

W przypadku zdolności przewozowej Trasy Turystycznej, którą stanowią podziemne wyrobiska górnicze rozmieszczone od poziomu I do III, zasadnicze znaczenie ma rozległość trasy tworzonej przez komory wraz z łączącymi je chodnikami i pochylniami o sumarycznej długości około 2800 m. Należy mieć na uwadze, że w wyrobiskach oprócz ruchu turystycznego mogą odbywać się również imprezy dla grup i spotkania okolicznościowe, np.: msze św., koncerty, bale, zabawy, konferencje, imprezy wystawiennicze, sportowe itp. Zgodnie z zapisami planu ratownictwa – jednocześnie w podziemnych wyrobiskach Trasy Turystycznej może przebywać maksymalnie 2500 osób na godzinę (Materiały wewnętrzne, 2026).

Zdolność przewozowa podsystemu transportu pionowego w kopalni jest jednym z najważniejszych elementów wpływających na zdolność przewozową ruchu turystycznego. Podsystem ten stanowi wąskie gardło całego systemu. Turyści po zakończeniu zwiedzania czekają na wyjazd w zespole komór Wisła – Warszawa – Budryk, które stanowią jednocześnie miejsca odpo-

czynku, handlu i usług gastronomicznych. Po zakończeniu zwiedzania istotne jest, aby jak najszybciej oraz bezpiecznie wyjechać na powierzchnię.

Przy budowie modelu systemu przepływu osób w podziemnych wyrobiskach Trasy Turystycznej należy uwzględnić ograniczenia wynikające z kilku kluczowych kryteriów, które mają na celu ochronę zabytkowego miejsca oraz zapewnienie bezpieczeństwa zwiedzającym. Najważniejszymi z nich to:

- ochrona dziedzictwa kulturowego i przyrodniczego kopalni, jako miejsca o wyjątkowej wartości historycznej i kulturalnej – w celu ochrony delikatnych struktur i unikatowych solnych formacji liczba zwiedzających musi być kontrolowana;
- bezpieczeństwo zwiedzających – w razie konieczności ewakuacji mniejsza liczba zwiedzających ułatwia sprawne i bezpieczne przeprowadzenie akcji ratunkowej;
- ochrona wyrobisk – wyrobiska podziemne kopalni to specyficzne środowisko z unikatowymi parametrami powietrza o wymaganej wilgotności i temperaturze, których niekontrolowana zmienność może stwarzać potencjalne zagrożenia dla struktury geologicznej pokładów soli. Może to powodować konieczność ograniczenia liczby turystów przebywających pod ziemią w jednym czasie;
- wpływ na środowisko – zwiększona liczba zwiedzających może prowadzić do większego zużycia zasobów, takich jak energia elektryczna;
- komfort zwiedzania – ograniczenie liczby zwiedzających sprzyja komfortowi i satysfakcji zwiedzania, bez tłoku i długiego oczekiwania na dostęp do poszczególnych atrakcji;
- limit dzienny zwiedzających – zgodnie z zapisami planu ratownictwa kopalni maksymalna liczba wynosi 2500 osób na godzinę zwiedzających podziemne wyrobiska;
- nadzór konserwatorski – w celu ochrony wartości historycznej, artystycznej i naukowej kopalnia zobligowana jest do przestrzegania zaleceń kon-

serwatorskich w celu zapewnienia długowieczności i integralności zabytku.

Ograniczenia wynikające z charakteru obiektu, jak również czynniki zmienne w czasie rzeczywistym związane z ruchem turystycznym mogą być przykładem dla przeprowadzenia symulacji komputerowej i analizy uzyskanych wyników.

Do analizy ruchu turystycznego i związanej z nim zdolności przewozowej systemu można wykorzystać teorię masowej obsługi. Teoria masowej obsługi, zwana też teorią kolejek, jest dziedziną matematyki opartą na rachunku prawdopodobieństwa i statystyce matematycznej, należy do kategorii nauk stosowanych, lokowanych często w szerokim nurcie badań operacyjnych. Prakseologiczny aspekt teorii masowej obsługi akcentuje jej powszechne kojarzenie z teorią kolejek, która jest nieodłącznym elementem wszelkiej praktycznej działalności celowościowej. Powstanie teorii masowej obsługi wiąże się z badaniami nad losowymi procesami przepełnienia sieci telefonicznej prowadzonymi już na początku XX wieku. Obecnie jest ona aplikowana w postaci prakseologicznych systemów masowej obsługi oraz ma szerokie zastosowanie w codziennej działalności społecznej, gospodarczej, biznesowej, handlowej, administracyjnej, usługowej, a także w nauce i technice (Gniedenko i Kowalenko, 1971).

Rozwiązanie prezentowanego problemu zarządzania systemem transportu pionowego w kopalni wymagało zastosowania narzędzi do analizowania procesu z wykorzystaniem oprogramowania FlexSim. Oprogramowanie to pozwala na intuicyjne odwzorowanie oraz optymalizację zaawansowanych procesów zachodzących w analizowanej branży. Obszar produkcji, logistyki oraz usług to pola najczęściej wspierane przez rozwiązanie do symulacji. Narzędzie to jest równocześnie przyjazne użytkownikom oraz posiada zaawansowane mechanizmy symulacji i optymalizacji, które pozwalają uzyskać zaskakujące rezultaty (FlexSim, 2025).

Jako parametry modelu wprowadzono zmienną wejściową, którą dla każdego urządzenia wyciągowego stanowiła:

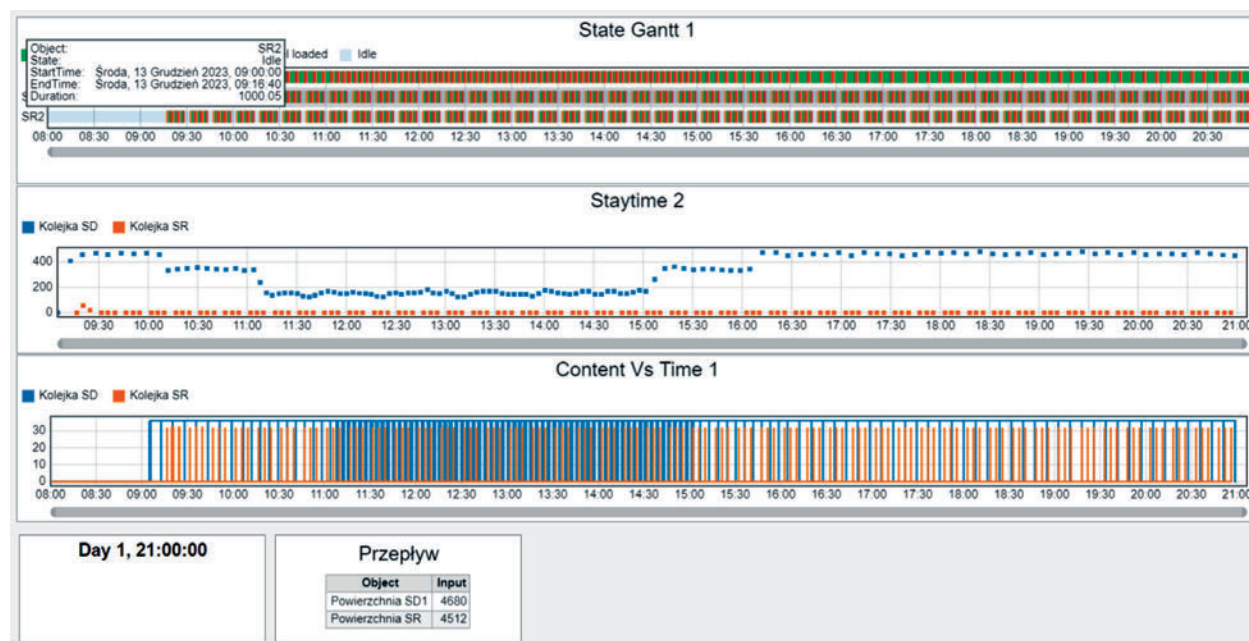
- liczba osób;
- obłożenie stanowisk obsługi wyciągu szybowego;
- cykl jazdy.

Przepływu Procesu to główne narzędzie, jakiego użyto do budowania logiki modelu symulacji, jest ono efektywne do prezentowania modeli symulacyjnych. Dzięki możliwościom oprogramowania można prezentować głębszą logikę systemu biznesowego za pomocą łatwych do zrozumienia i wizualnie atrakcyjnych schematów blokowych. Można również przemieszczać i łączyć działania w sposób przestrzenny, zorganizowany w taki sposób, który najlepiej komunikuje ich znaczenie.

Do przeprowadzenia analizy wykorzystano uproszczony schemat przestrzenny kopalni (rys. 1), przedstawiający organizację ruchu turystycznego i sanatoryjnego.

W analizie procesu wyjazdu osób na powierzchnię uwzględniono:

1. Zdolność przewozową urządzeń transportowych.
W szybie Daniłowicza zabudowany jest górniczy wyciąg szybowy o zdolności przewozowej przy pełnym obłożeniu obsługi ok. 650 osób/godz., natomiast na szybie Regis zabudowane jest urządzenie transportu, którego środki transportowe poruszają się po torze o nachyleniu większym niż 45° w postaci dwóch dźwigów towarowo-osobowych, z których każdy może wywieźć na powierzchnię ok. 400 osób/godz. Na podstawie dokumentacji ruchu turystycznego zdefiniowano dwie drogi główne do szybu Daniłowicza (SD) oraz do szybu Regis (SR).
2. Strumień zgłoszeń do zespołu komór Wisła – Warszawa – Budryk.
Kolejną daną wejściową jest strumień zgłoszeń grup turystycznych do zespołu komór Wisła – Warszawa – Budryk, który jest uzależniony od harmonogramu zejść grup do kopalni oraz czasu przejścia przez wy-



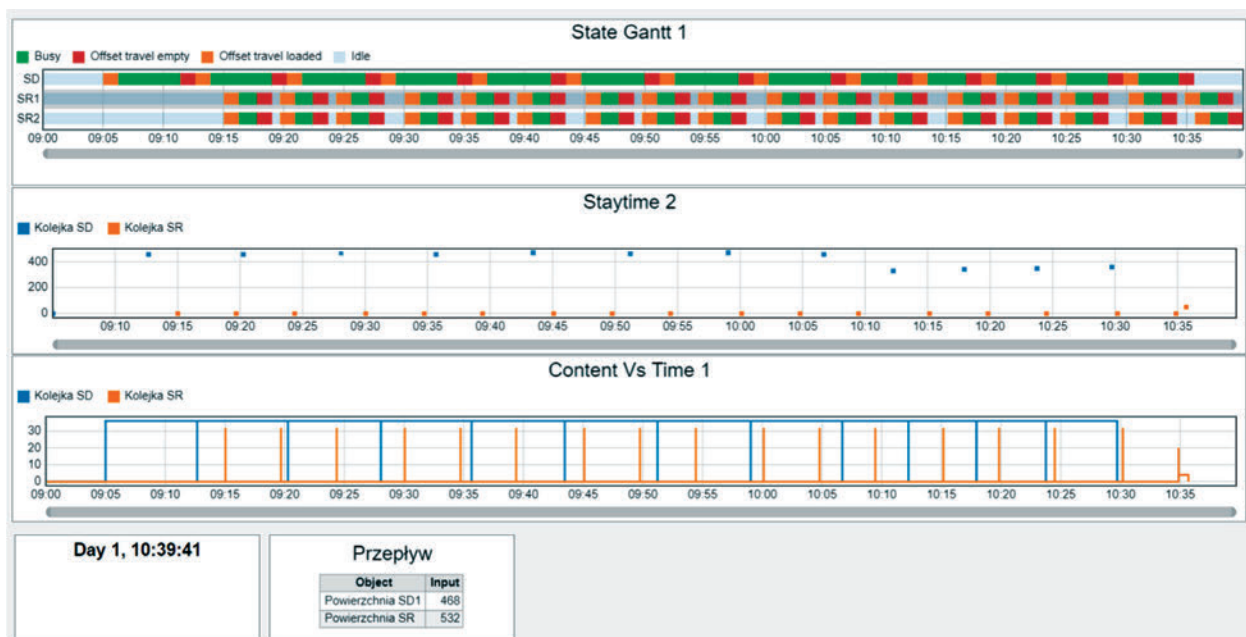
► Rys. 3. Synoptyka FlexSim – maksymalne wykorzystanie urządzeń

► Fig. 3. FlexSim synoptic view – maximum utilisation of equipment



► Rys. 4. Synoptyka FlexSim – wyniki na podstawie danych rzeczywistych

► Fig. 4. FlexSim synoptic view – results based on actual data



► Rys. 5. Synoptyka FlexSim – wyjazd 1000 osób na powierzchnię

► Fig. 5. FlexSim synoptic view – transport of 1,000 people to the surface

robiska dołowe. Na podstawie danych historycznych dotyczących liczby i wielkości poszczególnych grup turystycznych przeprowadzono badania symulacyjne.

3. Czas oczekiwania na wyjazd.
W założeniach symulacyjnych przyjęto, że czas oczekiwania na wyjazd na powierzchnię nie może przekraczać 5 minut.
4. Czas dojścia do szybów i pełnego kursu dźwigu lub urządzenia wyciągowego.

W symulacji uwzględniono czas dojścia do każdego z szybów oraz procedurę związaną z wsiadaniem i wysiadaniem z naczynia wyciągowego lub dźwigu osobowego. Dodatkowo na podstawie pomiarów uwzględniono czas przejazdu dla pojedynczego cyklu dla badanych urządzeń.

Na podstawie wskazanych danych w programie FlexSim stworzono oprogramowanie opisujące zjawiska zachodzące w trakcie wyjazdu turystów z kopalni (rys. 2) (FlexSim, 2025).

Do przeprowadzenia analiz symulacyjnych wykorzystano dane górniczego wyciągu szybowego szybu Daniłowicza i dźwigów towarowo-osobowych w szybie Regis.

1. Szyb Daniłowicza

Dla założonych parametrów ruchu górniczego wyciągu szybowego zmierzono zdolność przewozową ludzi z poziomu III na powierzchnię bez zatrzymywania się na poziomach I i II. Klatka wyciągu składa się z czterech pięter, które mieszczą po 9 osób na każdym piętrze, jednym kursem może jednocześnie wyjeżdżać maksymalnie 36 osób. Dane uzyskano poprzez pomiar i wyliczenie średnich czasów jazdy. Pomiarów dokonano przy pełnym obłożeniu pomostów roboczych urządzenia wyciągowego:

- prędkość jazdy klatki $[v_n] = 4 \text{ m/s}$,
- droga jazdy klatki $[h] = 135,48 \text{ m}$,
- średni czas wsiadania i wysiadania osób – 60 s,
- średni czas jazdy dla pełnego cyklu – 120 s,
- pojemność klatki – 36 osób.

2. Szyb Regis

Dla założonych parametrów ruchu dźwigu obliczono zdolność przewozową ludzi z poziomu III – 127,7 m na powierzchnię, bez zatrzymywania się na poziomach I i II. Przyjęte parametry dźwigu i jazdy:

- maksymalna prędkość jazdy kabiny $[v_n] = 4 \text{ m/s}$,
- wysokość podnoszenia $[h] = 127,7 \text{ m}$,
- średni czas wsiadania i wysiadania osób – 45 s,
- średni czas jazdy dla pełnego cyklu – 110 s,
- pojemność jednej kabiny – 16 osób (Rokita i in., 2023).

Dla systemu transportu przyjęto czas symulacji na poziomie 12 godzin pracy. Wyniki badań symulacyjnych przedstawiono na rysunkach 3–5.

Dzięki wykorzystaniu specjalistycznego oprogramowania możliwe jest przedstawienie wyników symulacji przy maksymalnym wykorzystaniu górniczego wyciągu szybowego oraz dźwigów osobowych (rys. 3), jak również badań dotyczących obciążenia wyciągu górniczego szybu Daniłowicza oraz dźwigów w szybie Regis na podstawie rzeczywistej liczby turystów odwiedzających kopalnię w ciągu dnia (rys. 4). Oprogramowanie pozwala również na przedstawienie badań symulacyjnych w przypadku wyjazdu określonej liczby osób (1000) z zespołu komór Wisła – Warszawa – Budryk (rys. 5).

Dla pierwszego przypadku, przy zakładanym czasie symulacji 12 godzin, uzyskano odpowiednio wyniki: górniczy wyciąg szybowy w szybie Daniłowicza – 4680 osób, dźwigi osobowe w szybie Regis – 4512 osób, co daje sumaryczną liczbę 9192 osób przy maksymalnym wykorzystaniu urządzeń. W symulacji komputerowej, w której wykorzystano rzeczywiste dane historyczne z dnia, gdy kopalnię odwiedziło 5394 osób, przedstawiono procentowe obciążenie urządzeń. Wynosiło ono odpowiednio: szyb Daniłowicza – 76,29%, dźwig I Regis – 54,66% oraz dźwig II Regis – 9,26%. Natomiast aby na powierzchnię bezpiecznie wyjechało 1000 osób, potrzebne jest ok. 1,5 godziny pracy urządzeń transportu pionowego. W tym czasie szybem Daniłowicza może wyjechać 468 osób, natomiast dźwigami w szybie Regis 532 osoby. Symulacja uwzględniała warunki brzegowe

i parametry pracy urządzeń, tj.: prędkość jazdy, wysokość podnoszenia, średni czas wsiadania i wysiadania, średni czas jazdy dla pełnego cyklu pracy oraz pojemność naczynia. Dodatkowo wzięto pod uwagę również średni czas dojścia z zespołu komór Wisła – Warszawa – Budryk do miejsca wsiadania odpowiednio podszybia szybu Daniłowicza na poz. III oraz podszybia szybu Regis na poz. III.

3. Podsumowanie

Wykorzystując teorię masowej kolejki, określono zdolność przewozową systemu przepływu osób w podziemnych wyrobiskach Trasy Turystycznej. Uwzględniając ograniczenia wynikające z charakteru obiektu, jakim jest kopalnia, wykonano model systemu kolejkowego, wykorzystując dedykowane oprogramowanie komputerowe. W modelu określono strumień zgłoszeń, mechanizm obsługi, reguły kolejowania i pojemności kolejki. W zakresie badań symulacji uwzględniono następujące przypadki:

- maksymalne wykorzystanie urządzeń transportowych (górniczego wyciągu szybowego w szybie Daniłowicza oraz dwóch dźwigów w szybie Regis);
- określenie zdolności przewozowej systemu na podstawie rzeczywistej liczby turystów odwiedzających kopalnię w ciągu dnia;
- określenie czasu wyjazdu dla 1000 osób.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że aktualne możliwości transportowe górniczego wyciągu szybowego w szybie Daniłowicza wraz z dźwigami osobowymi w szybie Regis umożliwiają, przy optymalnym harmonogramie zejść do kopalni, bezpieczną zdolność przewozową na poziomie 9500 osób w czasie 12 godzin pracy.

Zastosowanie modeli symulacyjnych odgrywa kluczową rolę w optymalizacji ruchu turystycznego. Pomaga skrócić czas oczekiwania, zwiększyć efektywność obsługi i poprawić satysfakcję klientów. Dodatkowo umożliwia przeprowadzanie analizy i prognozowanie natężenia ruchu przy lepszym wykorzystaniu zasobów. Kopalnia Soli „Wieliczka” wychodzi naprzeciw oczekiwaniom turystów i ciągle podnosi jakość prowadzonych usług m.in. poprzez elektroniczną rezerwację godzinową biletów, co pomaga zarządzać dużą liczbą osób i podnosi komfort ich obsługi.

W celu zwiększenia liczby osób odwiedzających kopalnię należy podjąć kroki, które umożliwią zwiększenie zdolności transportowych osób z podziemnych wyrobisk na powierzchnię. Ograniczenie dla wydajności całego systemu przepływu turystów stanowi transport pionowy związany z liczbą osób, które mogą zwiedzać Trasę Turystyczną. W przypadku kopalni system transportu pionowego oparty jest na górniczym wyciągu szybowym w szybie Daniłowicza i dźwigach osobowych w szybie Regis. W związku z tym, iż rozwiązania zastosowane w szybie Regis należą do nowoczesnych, o dużej wydajności, komforcie i bezpieczeństwie użytkowania, nie prowadzono dalszej analizy w zakresie optymalizacji rozwiązań zabudowanych dźwigów osobowo-towarowych.

Use of software supporting real-time process analysis to manage the vertical transport system at the “Wieliczka” Salt Mine S.A.

Abstract: The article concerns the analysis and optimization of the vertical transport system in the “Wieliczka” Salt Mine, which serves tourist, spa, and sanatorium functions. The key challenge is the efficient management of high tourist traffic, especially during peak seasons, in order to ensure the safety and comfort of visitors. The authors indicate that vertical transport carried out via the Danilowicz Shaft and the Regis Shaft constitutes a bottleneck in the entire tourist service system. Throughput is affected by many factors, including seasonality, the number of groups, weather conditions, and traffic organization. Additionally, it is necessary to consider constraints related to heritage protection, safety, and limits on the number of people underground.

To analyze the problem, modeling and computer simulations (FlexSim, 2025) based on queueing theory were applied. The study took into account, among others, the transport capacity of the equipment, waiting times, technical parameters of the shafts, and real data on tourist traffic. Various scenarios were examined, such as maximum utilization of equipment, actual load, and evacuation time for a specified number of people.

The results show that with optimal use, the vertical transport system can handle approximately 9,500 people over a 12-hour period. At the same time, vertical transport remains the main limitation on system throughput. Simulations confirm that proper planning and data utilization can reduce waiting times and improve service efficiency.

The conclusions point to the need for further optimization, particularly in the Danilowicz Shaft. Due to technical and conservation constraints, modernization of hoisting system components is proposed, which could increase system efficiency without interfering with the historic structure of the mine.

Literatura

1. Chmiel, W., Kadłuczka, P., Kwiecień, J. (2023). Modelowanie, optymalizacja i wsparcie zarządzania procesami decyzyjnymi, *Nauka – technika – technologia*. Kraków: Wyd. AGH, s. 5–15.
2. Dokumentacja prowadzenia ruchu turystycznego na Trasie Turystycznej w wyrobiskach podziemnych Kopalni Soli „Wieliczka”, (2023). Kopalnia Soli „Wieliczka” S.A.
3. FlexSim problem solved, <https://flexsim.pl/flexsim/> (data dostępu: 24.04.2025).
4. Gniedenko, B., Kowalenko, N. (1971). *Wstęp do teorii masowej obsługi*. Warszawa: PWN.
5. Koźniewska, I., Włodarczyk, M. (1978). *Modele odnowy, niezawodności i masowej obsługi*. Warszawa: PWN.
6. Materiały wewnętrzne: Plan ratownictwa – Kopalni Soli „Wieliczka” (2026). Kopalnia Soli „Wieliczka” S.A.
7. Rokita, T., Trójca, P., Pasek, R., Rozwadowski, R. (2023). System przetwarzania oraz magazynowania energii na przykładzie urządzeń transportu specjalnego w szybie Regis w Kopalni Soli „Wieliczka” S.A. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*. Katowice: Wydawnictwo WUG.

To nie powinno się zdarzyć WYPADKI. KATASTROFY

Polska Grupa Górnicza S.A. Oddział KWK „Murcki-Staszic” w Katowicach

Wypadek śmiertelny zaistniał 22 czerwca 2026 r. w przodku drążonego chodnika odstawczego 407/4/AB badawczego w pokładzie 407/4, w polu AB, na poziomie 720 m.

Pokład 407/4 w polu AB o grubości około 2,3 m i nachyleniu od 2° do 6°, w górotworze nieskłonny do tąpnięć, zaliczony został do II kategorii zagrożenia metanowego, I stopnia zagrożenia wodnego, klasy B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.

Chodnik odstawczy 407/4/AB badawczy w pokładzie 407/4 drążony był na odcinku kamiennym w piaskowcu po wzniosie 11° z zastosowaniem materiału wybuchowego i kombajnu chodnikowego typu R-130 służącego do ładowania urobku. W stropie i spągu tego wyrobiska zalegał piaskowiec o grubościach odpowiednio 1,5 m i 9,6 m. Obudowę chodnika odstawczego 407/4/AB badawczego w pokładzie 407/4 stanowiły odrzwia typu ŁP12/V32/4/A budowane w rozstawie 0,8 m, z opinką stropu i ociosów z siatek stalowych zgrzewanych. Odrzwia obudowy stabilizowane były 12 rozporami stalowymi dwustronnego działania. Drążone wyrobisko przewietrzane było wentylacją odrębną tłoczącą lutniociągami z lutni elastycznych o średnicy 1000 mm współpracującym z wentylatorem typu ADF-800B.

Do 22 czerwca 2026 r. w piaskowcu wydrążono 54,6 m chodnika odstawczego 407/4/AB badawczego w pokładzie 407/4 przy docelowej długości wyrobiska 561,0 m. W tym dniu na zmianie rozpoczynającej się o godzinie 12⁰⁰ sztygar zmianowy oddziału GRP-2 skierował między innymi przodowego z dwoma górnikami do przodka drążonego chodnika, których zadaniem było wywiercenie otworów strzałowych dla urabiania przodka. O godzinie 18³⁹ podczas wiercenia otworu nastąpiło odspojenie z przodka bryły skalnej o wymiarach 3,2 m x 2,0 m x 1,0 m, która opadając, docisnęła przodowego do wspartego o spąg organu kombajnu chodnikowego.

Poszkodowany został uwolniony przez pozostałych pracowników, natomiast przybyły na miejsce zastęp ratowników przetransportował go na powierzchnię, gdzie o godzinie 19¹⁹ lekarz stwierdził zgon.

Szkic wypadku na str. 51

Zakład Górniczy EKO-PLUS Sp. z o.o. w Radzionkowie, Zakład Górniczy Eko-Plus w Bytomiu

Wypadek zbiorowy (1 wypadek śmiertelny, 2 wypadki powodujące czasową niezdolność do pracy) za-

istniał 17 czerwca 2026 r. o godzinie 15²⁹ w następstwie wstrząsu górotworu o energii 5×10^6 J. Miał on miejsce w obszarze górniczym „Bytom VII” w złożu „Bytom-I-1”, w chodniku wydobywczym 7C, w pokładzie 507 na poziomie 650 m.

Pokład 507 o grubości od 3,75 m do 4,05 m i nachyleniu do 18°, niemietanowy, zaliczony został do II stopnia zagrożenia tąpnięciami, klasy B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego oraz do I stopnia zagrożenia wodnego. W stropie pokładu 507 zalegają kolejno warstwy: 6,0 m łupka ilastego, 10,5 m łupka piaszczystego, 7,8 m piaskowca, 1,3 m węgla pokładu 506, 9,5 m łupka piaszczystego, 7,0 m piaskowca, a w spągu tego pokładu 7,0 m łupka piaszczystego, 3,5 m piaskowca, 3,6 m łupka piaszczystego i 4,9 m węgla pokładu 509.

Chodnik wydobywczy 7C w pokładzie 507 drążony był kombajnem chodnikowym typu KCH-100 w obudowie typu ŁP11/V29/4/A, budowanej co 1,0 m i stabilizowanej rozporami stalowymi dwustronnego działania, z opinką stropu i ociosu z siatek stalowych. Wyrobisko przewietrzane było wentylacją odrębną lutniociągami ssącym o średnicy 800 mm. W drążonym chodniku wydobywczym 7C w pokładzie 507 na odcinku 170 m za postępującym przodkiem wyznaczona została strefa szczególnego zagrożenia tąpnięciami. W tej strefie obudowa chodnikowa miała być wzmacniana podciągami drewnianymi podbudowanymi pod każdym łukiem stropnicowym naprzemiennie stojakami stalowymi i drewnianymi posadowionymi na podkładach drewnianych.

Do 17 czerwca 2026 r. chodnikiem wydobywczym 7C w pokładzie 507 uzyskano postęp około 170 m, z zaplanowanych do wykonania 280 m. W tym dniu na zmianie rozpoczynającej się o godzinie 6³⁰ w przodku chodnika wydobywczego 7C w ramach aktywnej profilaktyki tąpaniowej zostało wykonane strzelanie wstrząsowe poprzez odpalenie 24 kg MW załadowanego w 4 otworach o długości 12 m, które nie spowodowały wstrząsu górotworu. W tym dniu na zmianie rozpoczynającej się o godzinie 14⁰⁰ sztygar zmianowy oddziału GG skierował do przodka chodnika wydobywczego 7C 6 górników z zadaniem drążenia wyrobiska. Około godziny 15²⁹, podczas wybierania zalegającego urobku kombajnem chodnikowym, nastąpił samoistny wstrząs górotworu o energii 5×10^6 J, zlokalizowany około 40 m na północny wschód od przodka. W wyniku wstrząsu zaistniał wypadek zbiorowy, któremu uległo 3 pracowników zatrudnionych w chodniku wydobywczym 7C. Górnik znajdujący się około 40 m od przodka został przysypany urobkiem, a dwóch poszkodowanych wyszło z zagrożonego rejonu o własnych siłach.

O godzinie 16³⁰ dyspozytor ruchu kopalni rozpoczął akcję ratowniczą, do której skierował 2 zastępy ratow-

nicze CSRG w Bytomiu celem uwolnienia uwięzionego w przodku górnika. W tym czasie po wyjeździe na powierzchnię dwóm pozostałym poszkodowanym udzielono pierwszej pomocy, po czym przetransportowano do szpitala.

O godzinie 21⁵⁰ po uwolnieniu poszkodowanego w przodku górnika, który nie dawał oznak życia, i przetransportowaniu go do bazy ratowniczej przybyły na miejsce lekarz stwierdził zgon. W związku z tym o godzinie 22²⁰ kierownik akcji ratowniczej zakończył akcję.

Szkic wypadku na str. 52

Polska Grupa Górnicza S.A. Oddział KWK „Murcki-Staszic” w Katowicach

Wypadek śmiertelny (wstępnie zakwalifikowany jako powodujący czasową niezdolność do pracy) zaistniał 7 lipca 2026 r. w upadowej 106/401/1/S badawczej, w rejonie skrzyżowania ze ścianą 106/401/1/S, w pokładzie 401/1, na poziomie 500 m.

Pokład 401/1 o grubości od 1,43 m do 1,78 m i nachyleniu od 2° do 6°, niezagrożony tąpnięciami, zaliczony został do II kategorii zagrożenia metanowego, klasy B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego oraz I stopnia zagrożenia wodnego. Eksploatację pokładu prowadzono ścianą 106/401/1/S o wysokości do 1,8 m, systemem poprzecznym z zawałem stropu, zlokalizowaną pomiędzy upadową 106/401/1/S badawczą a upadową 106-bis/401/1/S badawczą.

Upadowa 106/401/1/S badawcza stanowiła wyrobisko doprowadzające powietrze do ściany 106/401/1/S i wykonana została w obudowie typu ŁP12/V32/4/A z rozstawem odrzwi co 1,0 m. Odrzwia obudowy stabilizowane były rozporami wieloelementowymi dwustronnego działania, zabudowanymi co 1,2 m, a opinkę stanowiła siatka stalowa węzłowo-zaczepowa. Poszczególne elementy obudowy łączone były przy użyciu dwóch strzemion typu SDOw-32/34/36.

Wyposażenie ściany stanowiło 145 sekcji liniowych typu ZRP-10/19-POz, 38 sekcji liniowych typu ZRP-10/19-POz1, 6 sekcji skrajnych typu ZRP-10/19-POz/BSN, jedna sekcja skrajna typu KHW-12/28-POz/BSN, kombajn typu KGE-710FM i przenośnik zgrzeblowy typu PATENTUS-PAT E-260.

Ścianę zaprojektowano w wariantcie, w którym wzmocnienie skrzyżowania ściany z upadową 106/401/1/S badawczą stanowiła sekcja chodnikowa typu FAZOS 18/38. Przewietrzanie ściany realizowano systemem na „U” z prądem powietrza doprowadzanym upadową 106/401/1/S badawczą i odprowadzanym upadową 106-bis/401/1/S badawczą w kierunku szybu wentylacyjnego V.

Upadowa 106/401/1/S badawcza likwidowana była za frontem ściany poprzez rabunek obudowy i zawał skał stropowych bezpośrednio za sekcją obudowy typu FAZOS 18/38. Do 6 lipca 2026 r. ścianą 106/401/1/S uzyskano średni postęp około 639 m, a do miejsca planowanego zakończenia eksploatacji pozostało około 321 m.

6 lipca 2026 r. na zmianie rozpoczynającej się o godzinie 24⁰⁰ sztygar zmianowy oddziału wydobywczego G-2 skierował 12 pracowników do ściany 106/401/1/S w pokładzie 401/1 w celu kontynuowania eksploatacji, w tym 4 górników do zabudowy skrzyżowania ściany z upadową 106/401/1/S badawczą. Około godziny 1⁴⁰

rozpoczęto urabianie kombajnem od sekcji numer 120 w kierunku upadowej 106/401/1/S badawczej. Do godziny 2⁴⁰ urobiono kombajnem caliznę do sekcji numer 80. W tym czasie górnicy zatrudnieni do zabudowy skrzyżowania ściany 106/401/1/S z upadową 106/401/1/S badawczą przystąpili do rabunku obudowy wyrobiska za ścianą. O godzinie 2⁴⁰, w trakcie odkręcania przez górnika rabunkarza dolnego strzemienia łączącego łuk ociosowy ze stropnicowym od strony ociosu północnego nastąpiło zerwanie gwintu jarzma górnego, które spowodowało nagłe i niekontrolowane przemieszczenie się jarzma dolnego do przestrzeni roboczej. Przemieszczające się jarzmo uderzyło górnika rabunkarza w twarz, powodując upadek na spąg wyrobiska.

Pracownicy zatrudnieni w rejonie ściany przystąpili do udzielania pierwszej pomocy i transportu poszkodowanego kolejką podwieszoną z napędem własnym spalinowym w kierunku szybu II na poziomie 500 m. Po wytransportowaniu szybem II na powierzchnię pomocy poszkodowanemu udzielił lekarz, który stwierdził uraz twarzoczaszki z dwiema ranami ciętymi w okolicy policzka lewego i czoła oraz stłuczenie obojczyka lewego. Poszkodowanego przewieziono karetką do szpitala, gdzie 25 lipca 2026 r. zmarł.

Szkic wypadku na str. 53

Polska Grupa Górnicza S.A. Oddział KWK w Likwidacji Ruch Wujek w Likwidacji w Katowicach

Wypadek zbiorowy (1 wypadek śmiertelny, 1 wypadek powodujący czasową niezdolność do pracy) zaistniał 31 lipca 2026 r. o godzinie 16⁵⁵ w następstwie wykonywania prac rozbiórkowych budynku nowej drobnej sprzedaży. Zaistniał on na powierzchni zakładu górniczego, w rejonie zakładu mechanicznej przeróbki węgla. Budynek nowej drobnej sprzedaży był wykonany w konstrukcji stalowej z elementami żelbetowymi, podparty na 9 słupach ustawionych po trzy w trzech rzędach, w odległości co 4,50 m. Pomiędzy słupami znajdowały się stanowiska dla załadunku węgla na samochody. Powyżej poziomu +4,8 m budynek posiadał monolityczne stropy żelbetowe oparte na belkach stalowych, dach z żelbetowych płyt prefabrykowanych oraz ściany osłonowe z płyt warstwowych. W budynku od poziomu +10,0 m do poziomu +16,0 m znajdowały się żelbetowe zbiorniki węgla połączone z jego konstrukcją. Do komunikacji pomiędzy poziomami budynku służyła zewnętrzna stalowa klatka schodowa.

Od maja 2026 r. roboty związane z likwidacją obiektów na powierzchni prowadzili pracownicy firmy POL INVEST GROUP Sp. z o.o. Do 31 lipca 2026 r. jej pracownicy zdemonstowali urządzenia wewnątrz budynku nowej drobnej sprzedaży, ściany osłonowe z płyt warstwowych oraz klatkę schodową. Od strony południowo-zachodniej budynku, w odległości około 9,0 m znajdowało się ogrodzone składowisko zdemonstrowanych płyt warstwowych, a od strony północno-zachodniej, w odległości około 2,0 m składowisko złomu z rozbiórki.

31 lipca 2026 r., na zmianie rozpoczynającej się od godziny 6⁰⁰, 8 pracowników firmy POL INVEST GROUP Sp. z o.o., w tym koordynator robót, prowadziło

prace rozbiórkowe budynku nowej drobnej sprzedaży z użyciem 2 koparek na podwoziu gąsienicowym. Jedna koparka była wyposażona w łyżkę, a druga w nożyce hydrauliczne do cięcia konstrukcji. Koordynator robót polecił pracownikom opasać dwoma linami stalowymi konstrukcję budynku od strony północno-wschodniej i zaczepić do ramienia koparki. Na jego polecenie jeden z pracowników przeciął przy użyciu palnika gazowego 3 z 9 słupów podpierających budynek po stronie południowo-zachodniej. Po tych pracach koordynator robót polecił temu pracownikowi przeciąć kolejne 3 słupy środkowego rzędu podpór i wyszedł poza obrys budynku, stojąc obok ogrodzenia składowiska zdemontowanych płyt warstwowych.

Około godziny 16⁵⁵, podczas przecinania palnikiem gazowym 4 słupa nastąpiło niekontrolowane przemieszczenie się konstrukcji budynku i jego przewrócenie w kierunku składowiska zdemontowanych płyt warstwowych. W wyniku przewrócenia budynku pracownik przecinający słupy znalazł się w pustej przestrzeni pod

częścią jego konstrukcji, a koordynator robót został przygnieciony zniszczoną konstrukcją stalową. Przewrócenie konstrukcji budynku zauważył pracownik ochrony, który poinformował telefonicznie o zdarzeniu dyspozytora ruchu kopalni oraz zadzwonił na numer alarmowy 112. Pracownik przecinający słupy samodzielnie wydostał się spod gruzowiska, a koordynator robót został uwolniony spod zniszczonej konstrukcji stalowej z wykorzystaniem koparki.

Zadysponowani na miejsce strażacy przystąpili do resuscytacji krążeniowo-oddechowej nieprzytomnego koordynatora robót, którą kontynuowali przybyli na miejsce ratownicy medyczni. O godzinie 20⁴⁰ przybyły na miejsce lekarz sądowy stwierdził zgon poszkodowanego. Drugi z poszkodowanych doznał urazów powodujących czasową niezdolność do pracy.

Szkic wypadku na str. 54

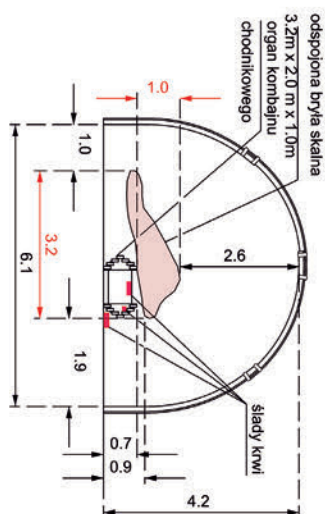
Opracowanie: **Departament Warunków Pracy
i Szkolenia**

Tabela prezentuje stan wypadkowości śmiertelnej, ciężkiej i ogółem w polskim górnictwie. Prezentowane dane dotyczą bieżącego roku w porównaniu z rokiem poprzednim, na tle danych dotyczących stanu bhp w górnictwie węgla kamiennego. Zestawienie zawiera również informacje dotyczące liczby zaistniałych zgonów naturalnych.

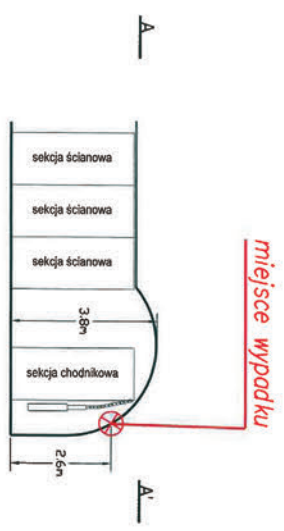
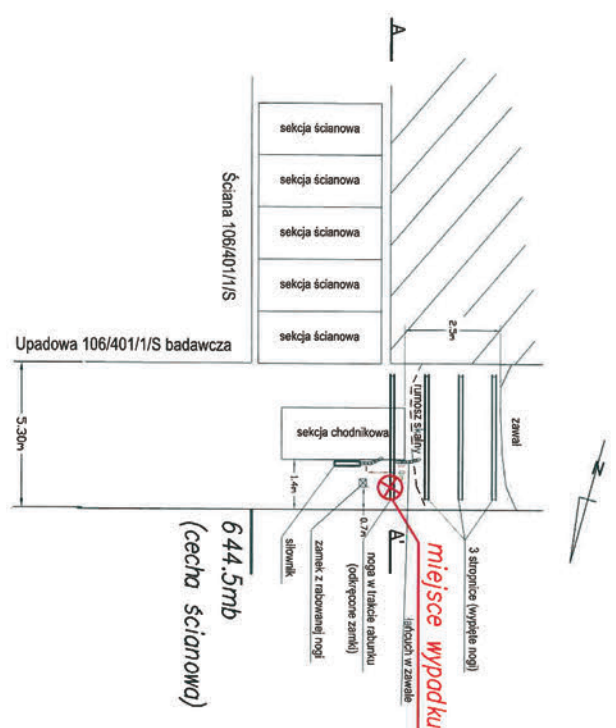
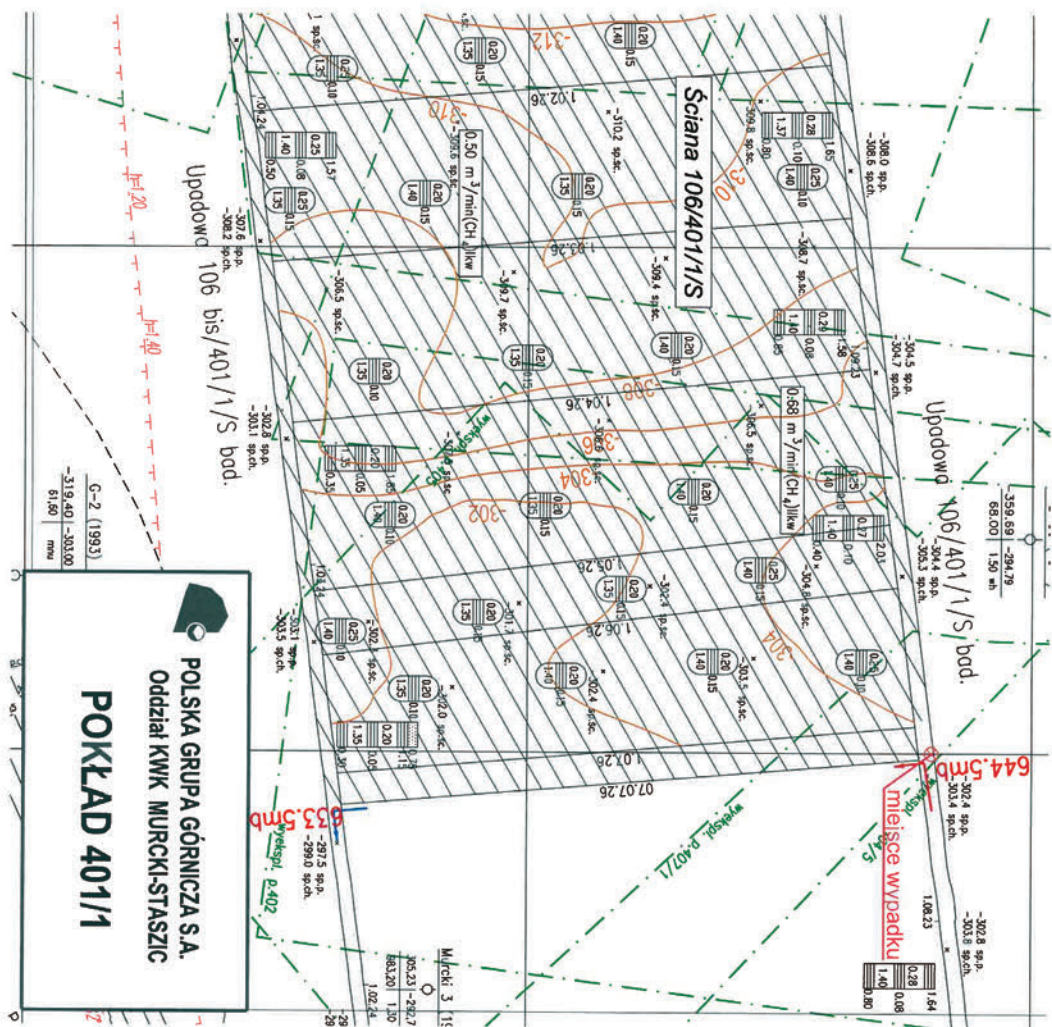
WYPADKOWOŚĆ W GÓRNICTWIE od 1.01 do 31.08.2026¹⁾

	OGÓŁEM				W tym górnictwo węgla kamiennego ²⁾			
	2025		2026		2025		2026	
	rok 2025	1.01–31.08	01–31.08		rok 2025	1.01–31.08	01–31.08	
WYPADKI ŚMIERTELNE	16	13	8	1	12	10	6	1
w tym FIRMY USŁUGOWE	4	4	1	0	3	3	1	0
WYPADKI CIĘŻKIE	14	11	5	0	10	8	1	0
w tym FIRMY USŁUGOWE	5	3	2	0	3	2	1	0
ZGONY NATURALNE	2	0	7	1	1	0	3	0
WYPADKI OGÓŁEM (załoga własna i firmy usługowe)	rok 2025	7 m-cy 2025	7 m-cy 2026	Różnica	rok 2025	7 m-cy 2025	7 m-cy 2026	Różnica
	2034	1213	1032	-181; -14,9%	1737	1036	860	-176; -17,0%
					w tym ZAŁOGA WŁASNA			
					1481	876	731	-145; -16,6%
					w tym FIRMY USŁUGOWE			
					256	160	129	-31; -19,4%

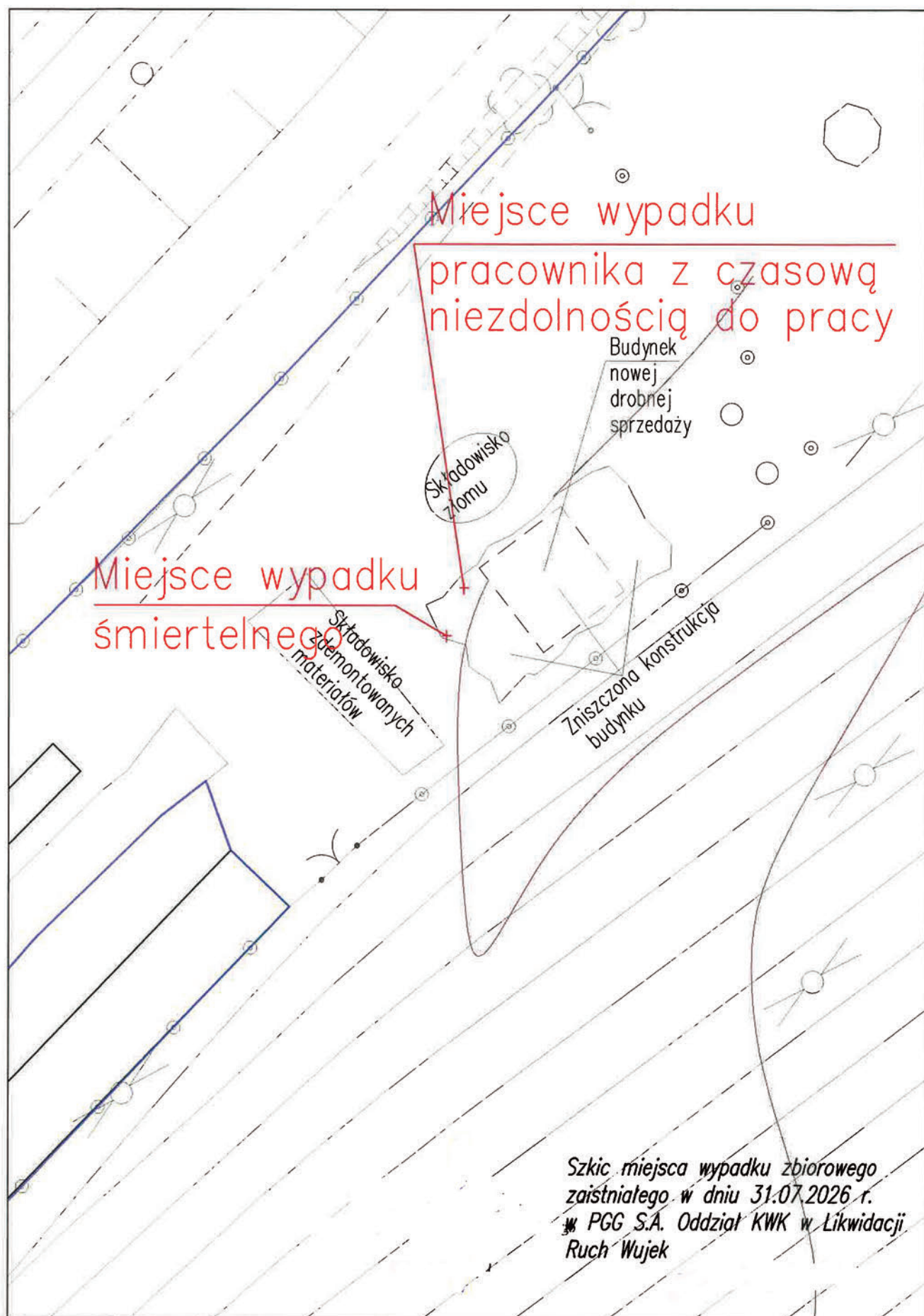
1) Źródło: dane Departamentu Warunków Pracy i Szkolenia Wyższego Urzędu Górniczego. Opracowała Katarzyna Suszek.
2) Górnictwo węgla kamiennego obejmuje kopalnie węgla kamiennego, zakłady górnicze lub ich części funkcjonujące w ramach Spółki Restrukturyzacji Kopalń S.A. oraz Centralny Zakład Odwadniania Kopalń.



Szkic wypadku śmiertelnego



Szkieł wypadku śmiertelnego z dnia 07.07.2026r.
godz. 2.40 (zm 24.00 z dn. 06.07.2026r.)
ściana 106/401/1/S



KRONIKA

Jak poprawić bezpieczeństwo w górnictwie odkrywkowym? Relacja z III Kongresu Górnictwa Skalnego

8–10 czerwca w Cedzynie koło Kielc odbył się III Kongres Górnictwa Skalnego zorganizowany przez Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Górnictwa Oddział w Kielcach. Wydarzenie zostało objęte patronatem honorowym Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego.

Aktywny udział wzięli w nim przedstawiciele organów nadzoru górnictwa. Uczestników spotkania powitał Zbigniew Rawicki, dyrektor Departamentu Górnictwa Podziemnego i Odkrywkowego Wyższego Urzędu Górniczego, który podkreślił znaczenie dialogu pomiędzy administracją, przedsiębiorcami i środowiskiem naukowym dla dalszego rozwoju górnictwa odkrywkowego oraz poprawy poziomu bezpieczeństwa pracy. Ponadto wygłosił on referat „Powierzenie czynności w ruchu odkrywkowego zakładu górnictwa”, poświęcony zagadnieniom wykonywania prac przez podmioty zewnętrzne w ruchu zakładów górnictwa. Omówił obowiązujące wymagania formalnoprawne dotyczące tych podmiotów, zwrócił także uwagę na praktyczne aspekty związane z organizacją pracy i nadzorem nad wykonywanymi robotami. Istotny element prezentacji stanowiła analiza wypadków z udziałem pracowników firm zewnętrznych, wskazująca na konieczność stałego doskonalenia procedur bezpieczeństwa oraz skutecznej współpracy pomiędzy przedsiębiorcą a wykonawcami realizującymi prace w ruchu zakładu górnictwa.

Z kolei Marzena Rabiasz, dyrektor Okręgowego Urzędu Górniczego w Kielcach, w referacie „Postępowania w sprawach planów ruchu odkrywkowych zakładów górnictwa” omówiła najczęściej występujące błędy formalnoprawne i merytoryczne pojawiające się podczas procedowania wniosków o zatwierdzenie planów ruchu odkrywkowych zakładów górnictwa. Wskazała również szereg dobrych praktyk, których stosowanie może usprawnić proces przygotowania dokumentacji oraz przyczynić się do sprawniejszego prowadzenia postępowań w organach nadzoru górnictwa.

Zagadnienia związane z przygotowaniem kadr dla górnictwa odkrywkowego przedstawiła Dagmara Solatycka, zastępca dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego we Wrocławiu. W referacie „Jak zostać osobą kierownictwa lub dozoru ruchu? Edukacja i kwalifikacje w górnictwie odkrywkowym” omówiła wymagania dotyczące wykształcenia niezbędnego do ubiegania się o stwierdzenie kwalifikacji górniczych. Szczególną uwagę poświęciła szkolnictwu branżowemu oraz ścieżkom edukacyjnym umożliwiającym zdobywanie kompetencji wymaganych od przyszłej kadry kierownictwa i dozoru

ruchu odkrywkowych zakładów górnictwa. Przedstawiła również zmiany prawne mające wpływ na możliwość ubiegania się o te kwalifikacje w kolejnych latach.

Udział przedstawicieli Wyższego Urzędu Górniczego oraz okręgowych urzędów górniczych w III Kongresie Górnictwa Skalnego stanowił okazję do wymiany doświadczeń, omówienia aktualnych problemów branży oraz propagowania rozwiązań służących podnoszeniu poziomu bezpieczeństwa i jakości funkcjonowania odkrywkowych zakładów górnictwa.

Wydarzenie zgromadziło przedstawicieli przedsiębiorstw górniczych, administracji publicznej, środowiska naukowego oraz innych instytucji związanych z branżą wydobywczą.

Podsumowanie konferencji „Aspekty Bezpieczeństwa w Nauce i Praktyce”

11–12 czerwca w Ustroniu odbyła się III edycja ogólnopolskiej konferencji „Aspekty Bezpieczeństwa w Nauce i Praktyce”. Wydarzenie zostało objęte patronatem honorowym Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego.

Temat przewodni tegorocznego spotkania brzmiał „Zdrowie i bezpieczeństwo w pracy – od zagrożeń po skuteczną pomoc”. Poruszone zostały zagadnienia dotyczące współczesnych zagrożeń w środowisku pracy i chorób zawodowych, ze szczególnym uwzględnieniem pylicy płuc. Istotnym elementem konferencji było również omówienie zasad profilaktyki oraz procedur szybkiego reagowania na nagłe incydenty sercowo-naczyniowe w miejscu pracy, które wciąż należą do najczęstszych przyczyn nagłych zdarzeń medycznych w sektorze przemysłowym.

Uczestnicy mieli także okazję wziąć udział w praktycznych warsztatach pierwszej pomocy z wykorzystaniem fantomów oraz technologii wirtualnej rzeczywistości (VR).

Organizatorami wydarzenia byli Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa Wydziału Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej Politechniki Śląskiej oraz Ogólnopolskie Stowarzyszenie Pracowników Służby BHP Oddział Katowice Przemysł-Górnictwo.

Tereny pogórnice – miejsca z potencjałem

25 czerwca w Sosnowcu na Wydziale Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego odbyła się druga edycja konferencji „Przyszłość terenów pogórnictwa”. Przedstawiciele branży wydobywczej, administracji państwowej, nauki oraz organizacji środowiskowych, a także samorządowcy rozmawiali o tym, jak pogodzić



► W drugiej edycji konferencji „Przyszłość terenów pogórnich” wzięło udział blisko 300 osób. Gości przywitał m.in. prezes Wyższego Urzędu Górniczego Piotr Litwa

gospodarowanie zasobami kopalin z potrzebami społecznymi, ekonomicznymi i przyrodniczymi. Referatów wysłuchało blisko 300 osób.

Wydarzenie otworzył prof. Krzysztof Szopa, prodekan ds. kształcenia Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego. Gości przywitali również prezes Wyższego Urzędu Górniczego Piotr Litwa oraz dyrektor Państwowego Instytutu Badawczego – PIB prof. Krzysztof Szamałek.

– Temat konferencji, w obliczu zachodzącej transformacji gospodarczej i energetycznej, jest coraz bardziej aktualny i dotyczy nie tylko obszaru Górnego Śląska. Strona społeczna zaczyna dostrzegać, że bogata infrastruktura zamykanych kopalń węglowych może być wykorzystana np. do rozwoju nowych technologii. Tutaj, w Zagłębiu, poradzono sobie z przywróceniem do życia terenów pokopalnianych – zaznaczał Piotr Litwa.

– Takie spotkania jak dzisiaj to doskonała przestrzeń do dialogu i szukania porozumienia pomiędzy zwolennikami ścisłej ochrony środowiska a zwolennikami używania elementów środowiska naturalnego do rozwoju cywilizacyjnego, niezbędnego do zaspokojenia potrzeb człowieka – dodał prof. Krzysztof Szamałek.

Potwierdzeniem tych spostrzeżeń były referaty pokazujące m.in. przykłady udanej rewitalizacji terenów poeksploatacyjnych. Uczestnicy konferencji zgodnie podkreślali, że tereny pogórnice należy traktować jako miejsca z potencjałem, zawierające wartościową infrastrukturę, które mogą być z powodzeniem wykorzystywane w celach gospodarczych i turystyczno-rekreacyjnych.

Organizatorami konferencji byli: Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Wyższy Urząd Górniczy oraz Wydział Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach.

Honorowy patronat nad konferencją objęli: Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Ministerstwo Energii, Generalny Dyrektor Ochrony Środowiska, Wojewoda Śląski, Marszałek Województwa Śląskiego, Prezydent Sosnowca, Rektor Uniwersytetu Śląskiego, Rektor Politechniki Śląskiej oraz Rektor Politechniki Wrocławskiej.

VIII Warsztaty Geologiczne Polskiego Stowarzyszenia Geologów Górniczych

17–20 czerwca w Zakopanem odbyły się VIII Warsztaty Geologiczne Polskiego Stowarzyszenia Geologów Górniczych „Geologia złóż surowców mineralnych Podhala”. Wydarzenie objął patronatem honorowym Prezes Wyższego Urzędu Górniczego.

W trakcie zajęć seminaryjnych uczestnicy zapoznali się z budową geologiczną Podhala oraz warunkami górniczo-geologicznymi złóż wód termalnych w Chochołowie, Zakopanem, Szaflarach i Bukowinie Tatrzańskiej. Z kolei w ramach zajęć terenowych odwiedzili m.in. zakład górniczy PEC Geotermia Podhalańska S.A.

W czasie warsztatów odbył się walny zjazd PSGG połączony z uroczystością 10-lecia stowarzyszenia. W wydarzeniu uczestniczyli między innymi: Główny Geolog Kraju Krzysztof Galos, przedstawiciele Ministerstwa Klimatu i Środowiska, Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, PIG–PIB, zarządów spółek węglowych, SRK S.A. oraz kierownictwa zakładów geotermalnych z okolic Podhala.

Współpraca WUG i ITG KOMAG na rzecz cyberbezpieczeństwa w górnictwie

8 lipca w Wyższym Urzędzie Górniczym odbyło się spotkanie poświęcone aktualnym i projektowanym wymaganiom w zakresie cyberbezpieczeństwa maszyn, urządzeń oraz systemów technicznych stosowanych w zakładach górniczych. W szczególności omówiono zmieniające się regulacje prawne, w tym dyrektywę 2006/42/WE w sprawie maszyn (zastępowaną przez rozporządzenie (UE) 2023/1230 w sprawie maszyn), rozporządzenie Cyber Resilience Act oraz przepisy dotyczące krajowego systemu cyberbezpieczeństwa.

Podczas spotkania podkreślono znaczenie cyberbezpieczeństwa w procesie projektowania, oceny, certyfikacji, eksploatacji oraz nadzoru nad maszynami i urządzeniami wykorzystywanymi w przemyśle wydobywczym. Zaznaczono, że postępująca cyfryzacja, automatyzacja oraz integracja systemów technicznych rodzą konieczność uwzględniania cyberzagrożeń – zarówno w odniesieniu do systemów IT, jak i obszaru OT, automatyki przemysłowej oraz urządzeń mających wpływ na bezpieczeństwo pracy.

Uczestnicy obrad zwrócili uwagę na potrzebę bieżącej wymiany wiedzy i doświadczeń pomiędzy instytucjami odpowiedzialnymi za bezpieczeństwo techniczne, certyfikację oraz nadzór. Uzgodniono dalszą współpracę obejmującą analizę wymagań regulacyjnych, określenie wyzwań oraz wypracowanie wspólnych rekomendacji wspierających podnoszenie poziomu bezpieczeństwa w sektorze wydobywczym.

Spotkanie stanowiło kolejny krok w kierunku wzmacniania współpracy eksperckiej Wyższego Urzędu Górniczego z podmiotami naukowo-badawczymi i jed-

nostkami certyfikującymi w zakresie dostosowywania praktyk nadzorczych do zmieniających się wymagań prawnych i technologicznych.

W wydarzeniu uczestniczyli kierownictwo i pracownicy Departamentu Energomechanicznego i Infrastruktury Podstawowej WUG oraz przedstawiciele ITG KOMAG, w tym kierownictwo jednostki certyfikującej.

Krok w stronę wpisu górniczego dziedzictwa Zabrza na listę UNESCO

3 sierpnia br. w Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrzu odbyło się inauguracyjne posiedzenie Rady Interesariuszy dla wpisu „Historyczny kompleks wydobycia węgla kamiennego w Zabrzu (XVIII–XX w.)”.

Głównym celem powołania rady jest stworzenie platformy doradczo-konsultacyjnej. Zapewni ona transparentność działań oraz realny wpływ partnerów na proces wpisania zabrzańskich zabytków na prestiżową listę UNESCO. Kompleks, obejmujący m.in. Kopalnię Guido oraz Sztolnię Królowa Luiza, to unikatowy w skali świata przykład ewolucji podziemnego górnictwa węglowego od XVIII do XX wieku.

W wydarzeniu uczestniczył m.in. wiceprezes Wyższego Urzędu Górniczego Piotr Wojtacha, reprezentujący prezesa WUG Piotra Litwę – członka rady.

Rada Interesariuszy zrzesza przedstawicieli administracji rządowej i samorządowej, świata nauki oraz ekspertów górniczych. Jej członkowie wykonują swoje funkcje społecznie.

Zmiana adresu strony internetowej Wyższego Urzędu Górniczego

Wyższy Urząd Górniczy ma nowy adres strony internetowej – www.gov.pl/web/wug. Wszelkie informacje dotyczące działalności urzędu będą dostępne pod nowym adresem w Portalu RP – gov.pl.



► Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrzu stara się o wpis zabytkowych obiektów Sztolnię Królowa Luiza oraz Kopalnię Guido na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO.
Fot. R. Zembrzycki/Muzeum Górnictwa Węglowego

Nowa witryna, dostępna pod adresem www.gov.pl/web/wug, pozwoli na szybkie dotarcie do wszystkich bieżących informacji Wyższego Urzędu Górniczego. Pełnił również funkcję Biuletynu Informacji Publicznej urzędu. Publikujemy na niej informacje o działalności urzędu, sposobie jego funkcjonowania i załatwiania urzędowych spraw.

Przeniesienie serwisu internetowego WUG na Portal RP zwiększa jego dostępność i ułatwia obywatelom szybki dostęp do informacji publicznych w ramach jednolitej infrastruktury. Integracja z Portalem RP pozwala na standaryzację obsługi, poprawę bezpieczeństwa oraz ograniczenie kosztów utrzymania i rozwoju serwisu. Rozwiązanie to zapewnia również lepszą spójność cyfrowych usług administracji publicznej i wygodniejsze korzystanie z nich przez użytkowników.

Dotychczasowa strona internetowa urzędu funkcjonuje w formie archiwalnej. Link do archiwalnej strony – <https://wug.gov.pl/arch.php> – jest dostępny w stopce nowej strony internetowej urzędu.

Opracowała: Anna SWINIARSKA-TADLA



Czytaj o nas na:

facebook.com/WyzszyUrzadGorniczny/

linkedin.com/company/wyzszy-urzed-gorniczny

- Efektywność odmetanowania złoża węgla kamiennego w Polsce od lat kształtuje się na zbliżonym poziomie, tj. pomiędzy 37%, a 41%. W 2025 r. wyniosła 37,5%.
- W 2025 r. z górotworu objętego wpływami eksploatacji wydzielito się 616,2 mln metrów sześciennych metanu (metanowość bezwzględna), z czego 230,8 mln udało się ująć.
- Średnia efektywność zagospodarowania ujętego metanu w 2025 r. wyniosła 85,4% (o 16,0% więcej niż w roku 2024). Podkreślić trzeba relatywnie wysoki, nienotowany od kilkadziesiąt lat, udział zagospodarowania metanu przez stacje odmetanowania – przy praktycznie porównywalnej ilości jego pozyskiwania. Fakt ten może świadczyć o podjęciu przez przedsiębiorców działań umożliwiających zwiększenie gospodarczego wykorzystania tego gazu.
- Ilość metanu wyemitowanego w 2025 r. do atmosfery szybami wentylacyjnymi oraz ze stacji odmetanowania (niewykorzystana część) wyniosła łącznie około 419,1 mln metrów sześciennych.

NORMALIZACJA

Działalność normalizacyjna w świetle ustawy
z dnia 12 września 2002 r.
o normalizacji i związanych z ustawą aktach wykonawczych

Przegląd opublikowanych norm

PN-EN IEC 62770:2025-10 – Ciecze stosowane w elektrotechnice – Świeże naturalne estry do transformatorów i podobnych urządzeń elektrycznych

PN-EN IEC 60317-27-1:2021-02/A1:2025-10 – Wymagania dotyczące poszczególnych typów przewodów nawojowych – Część 27-1: Przewody miedziane, okrągłe w obwoju z taśmy papierowej

PN-EN IEC 60898-3:2025-07/A1:2025-10 – Sprzęt elektroinstalacyjny – Wyłączniki do zabezpieczeń przetężeniowych instalacji elektrycznych domowych i podobnych – Część 3: Wyłączniki do obwodów prądu stałego

PN-EN IEC 62752:2025-10 – Przewodowe urządzenia sterujące i zabezpieczające (IC-CPD) do ładowania pojazdów elektrycznych w trybie 2

PN-HD 60364-5-53:2022-10/AC:2025-10 – Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-53: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Aparatura rozdzielcza i sterownicza

PN-EN IEC 60127-1:2025-10 – Bezpieczniki topikowe miniaturowe – Część 1: Definicje dotyczące bezpieczników topikowych miniaturowych oraz ogólne wymagania dotyczące wkładek topikowych miniaturowych

PN-EN IEC 61439-3:2025-09 – Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe – Część 3: Rozdzielnice tablicowe przeznaczone do obsługi przez osoby postronne (DBO)

PN-EN 61184:2017-12/A2:2025-09 – Oprawki bagnetowe

PN-EN IEC 63356-2:2025-09 – Charakterystyka źródła światła LED – Część 2: Parametry i wartości projektowe

PN-EN ISO 29461-4:2025-10 – Systemy filtracji na wlocie powietrza do maszyn rotacyjnych – Część 4: Metody badań systemów filtrów statycznych w środowiskach przybrzeżnych i morskich

PN-EN IEC 60512-28-100:2025-10 – Złącza do urządzeń elektrycznych i elektronicznych – Badania i pomiary – Część 28-100: Badania integralności sygnałowej do 2000 MHz – Badania od 28a do 28g

PN-ETSI EN 303 659 V1.1.1:2025-10 – Urządzenia bliskiego zasięgu (SRD) w sieciach danych – Sprzęt radiowy wykorzystywany w zakresach częstotliwości od 865 MHz do 868 MHz i od 915 MHz do 919,4 MHz – Norma zharmonizowana dostępu do widma radiowego

PN-ETSI EN 300 395-2 V1.3.3:2025-09 – TETRA i rozwój komunikacji krytycznej (TCCE) – Kodek mowy dla kanału ruchu o pełnej szybkości – Część 2: Kodek TETRA

PN-EN 16494:2025-09 – Kolejnictwo – Wymagania dotyczące wskaźników przytorowych ERTMS

PN-EN IEC 61753-061-2:2021-01/AC:2025-10 – Światłowodowe złącza i elementy bierne – Norma eksploatacyjna – Część 061-2: Jednomodowe niezależne od polaryzacji izolatory optyczne z wyprowadzeniami w postaci pigtaili dla kategorii C – środowiska kontrolowane

PN-EN IEC 61754-13:2025-02/AC:2025-10 – Światłowodowe złącza i elementy bierne – Interfejsy złączy światłowodowych – Część 13: Rodzina złączy typu FC-PC

PN-EN 13757-3:2025-09 – Systemy komunikacji dla przyrządów pomiarowych – Część 3: Protokoły aplikacyjne

PN-EN 13757-7:2025-09 – Systemy komunikacji dla przyrządów pomiarowych – Część 7: Usługi transportu i ochrony

PN-EN ISO/IEC 5259-1:2025-10 – Sztuczna inteligencja – Jakość danych na potrzeby analizy i uczenia maszynowego (ML) – Część 1: Przegląd, terminologia i przykłady

PN-EN ISO/IEC 5259-2:2025-10 – Sztuczna inteligencja – Jakość danych na potrzeby analizy i uczenia maszynowego (ML) – Część 2: Miary jakości danych

PN-EN ISO/IEC 5259-3:2025-10 – Sztuczna inteligencja – Jakość danych na potrzeby analizy i uczenia maszynowego (ML) – Część 3: Wymagania i wytyczne dotyczące zarządzania jakością danych

PN-EN ISO/IEC 5259-4:2025-10 – Sztuczna inteligencja – Jakość danych na potrzeby analizy i uczenia maszynowego (ML) – Część 4: Ramy procesu jakości danych

PN-EN ISO 22739:2025-10 – Blockchain i technologie rozproszonych rejestrów – Terminologia

PN-ETSI EN 319 412-4 V1.4.1:2025-10 – Podpisy elektroniczne i infrastruktura zaufania (ESI) – Profile certyfikatu – Część 4: Profil certyfikatu dla certyfikatów stron internetowych

PN-ETSI EN 303 800-3 V1.1.1:2025-10 – Inżynieria środowiskowa (EE) – Ocena efektywności materiałowej wyrobów infrastruktury sieci ICT (gospodarka o obiegu zamkniętym) – Część 3: Dostępność oprogramowania sprzętowego oraz aktualizacji zabezpieczeń oprogramowania sprzętowego dla serwerów i produktów do przechowywania danych

PN-ETSI EN 319 412-5 V2.5.1:2025-10 – Podpisy elektroniczne i infrastruktura zaufania (ESI) – Profile certyfikatu – Część 5: QCStatements

PN-EN 16072:2025-10 – Inteligentne systemy transportowe – E-bezpieczeństwo – Wymagania operacyjne dotyczące ogólnoeuropejskiego eCall

PN-EN 17249-5:2025-09 – Inteligentne systemy transportowe – E-bezpieczeństwo – Część 5: eCall dla dwukółowych pojazdów silnikowych kategorii L1 i L3 EKG ONZ

PN-EN ISO 19116:2025-09 – Informacja geograficzna – Usługi wyznaczania położenia

PN-EN 17639:2025-10 – Bezpieczeństwo maszyn – Urządzenia kolei linowych przeznaczone do przewozu materiałów i specjalnie wyznaczonych osób – Ogólne wymagania bezpieczeństwa

PN-EN ISO 23625:2025-09 – Małe statki – Akumulatory litowo-jonowe

PN-EN 81-43:2025-09 – Zasady bezpieczeństwa dotyczące budowy i instalowania dźwigów – Dźwigi specjalne do transportu osób i towarów – Część 43: Dźwigi do dźwignic

PN-EN ISO 505:2025-10 – Taśmy przenośnikowe – Metoda oznaczania odporności na rozdzielanie taśm przenośnikowych z rdzeniem tekstylnym

PN-EN 1459-1:2025-09 – Wózki jezdniowe podnośnikowe terenowe – Wymagania bezpieczeństwa i sprawdzanie – Część 1: Wózki ze zmiennym wysięgiem

PN-EN 17131-2:2025-10 – Tekstylia i wyroby włókiennicze – Oznaczanie pozostałości niektórych rozpuszczalników – Część 2: Oznaczanie benzenu, metoda analizy fazy nadpowierzchniowej z zastosowaniem chromatografii gazowej

PN-EN 17681-1:2025-10 – Tekstylia i wyroby tekstylne – Substancje per- i polifluoroalkilowe (PFAS) – Część 1: Analiza ekstraktu zasadowego za pomocą chromatografii cieczowej i tandemowej spektrometrii mas

PN-EN 16422:2025-09 – Odzież – Właściwości fizjologiczne – Klasyfikacja właściwości termoregulacyjnych

PN-EN 17533:2025-10 – Gazowy wodór – Butle i zbiorniki rurowe do magazynowania stacjonarnego

PN-EN 15522-2+A1:2025-09 – Identyfikacja wycieków oleju – Przetwory naftowe i produkty ropopochodne – Część 2: Metoda analityczna i interpretacja wyników w oparciu o badania GC-FID i GC-MS w niskiej rozdzielczości

PN-ISO 15380:2025-02/Ap1:2025-10 – Środki smarowe, oleje przemysłowe i produkty podobne (klasa L) – Grupa H (układy hydrauliczne) – Specyfikacje dla cieczy hydraulicznych w kategoriach HETG, HEPG, HEES i HEPR

PN-EN ISO 3884:2025-10 – Stałe paliwa wtórne – Metody oznaczania zawartości pierwiastków (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, S, Si, Ti, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Tl, V, Zn)

PN-EN 15751:2025-10 – Paliwa do pojazdów samochodowych – Estry metylowe kwasów tłuszczowych (FAME) jako samoistne paliwo i ich mieszaniny z olejem napędowym – Oznaczanie stabilności oksydacyjnej metodą przyspieszonego utleniania w 110°C

PN-EN ISO 16486-3:2025-07/A11:2025-10 – Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do przesyłania paliw gazowych – Systemy przewodów rurowych z nieplastifikowanego poliamidu (PA-U) z połączeniem zgrzewanym i połączeniem mechanicznym – Część 3: Kształtki

PN-EN ISO 16486-2:2025-05/A11:2025-10 – Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do przesyłania paliw gazowych – Systemy przewodów rurowych z nieplastifikowanego poliamidu (PA-U) z połączeniem zgrzewanym i połączeniem mechanicznym – Część 2: Rury

PN-EN ISO 9227:2023-02/A1:2024-10 – Badania korozyjne w sztucznych atmosferach – Badania w rozpylonej solance

PN-EN ISO 8407:2021-07/A1:2025-09 – Korozja metali i stopów – Usuwanie produktów korozji z próbek do badań korozyjnych

PN-EN 17940:2025-09 – Szkło w budownictwie – Foliowe międzywarstwy do produkcji szkła laminowanego

PN-EN ISO 4618:2023-08/Ap1:2025-10 – Farby i lakiery – Słownictwo

PN-EN ISO 7012-1:2025-10 – Farby i lakiery – Oznaczanie środków konserwujących w wodorozcieńczalnych wyrobach lakierowych – Część 1: Oznaczanie wolnego formaldehydu w puszcze

Opracował: **Roman FRYSTACKI**

DOPUSZCZENIA

Prezes Wyższego Urzędu Górniczego dopuścił
do stosowania w zakładach górniczych
następujące maszyny, urządzenia i materiały

Przedmiot dopuszczenia	Adresat	Liczba dziennika Data dopuszczenia
Zintegrowany system sterowania kompleksu wydobywczego GX-10/26	Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. w Jastrzębiu-Zdroju	GEM.4142.8.2026 2026-05-05
Zintegrowany system sterowania kompleksu wydobywczego GX-11/26	Becker-Warkop Sp. z o.o. w Świerklanach	GEM.4142.9.2026 2026-05-05
Kolejka spągowa zębata typu KSZ-650/900/30/60-D GM-17/26	Becker-Warkop Sp. z o.o. w Świerklanach	GEM.4111.16.2026 2026-05-13
Zintegrowany system sterowania kompleksu przodkowego GE-5/26	Południowy Koncern Węglowy S.A. w Jaworznie	GEM.4142.10.2026 2026-05-23
Zespół elementów maszyny wyciągowej 4L-2500/1000 GM-18/26	MWM Elektro Sp. z o.o. w Trzebini	GEM.4100.5.2026 2026-05-28
Urządzenie sygnalizacji i łączności szybowej górniczego wyciągu szybowego GE-4/26	MWM Elektro Sp. z o.o. w Trzebini	GEM.4105.2.2026 2026-05-28
Zintegrowany system sterowania kompleksu przodkowego GX-12/26	Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. w Jastrzębiu-Zdroju	GEM.4142.12.2026 2026-06-12
Zespół urządzeń zasilania, sterowania i zabezpieczeń maszyny wyciągowej typu K-6000/2000 górniczego wyciągu szybowego GM-19/26	OPA-ROW Sp. z o.o. w Rybniku	GEM.4100.7.2026 2026-06-12
Stacja transformatorowa górnicza typu STGCA-*/*/*/*/* o mocy 1500 kVA na napięcie znamionowe zasilania 3,3 kV, 6 kV, 10 kV GX-13/26	Przedsiębiorstwo Kompletacji i Montażu Systemów Automatyki CARBOAUTOMATYKA S.A. w Tychach	GEM.4140.34.2026 2026-06-18
Stacja transformatorowa górnicza typu STGCA-*/*/*/*/* o mocy 1200 kVA na napięcie znamionowe zasilania 3,3 kV, 6 kV, 10 kV GX-14/26	Przedsiębiorstwo Kompletacji i Montażu Systemów Automatyki CARBOAUTOMATYKA S.A. w Tychach	GEM.4140.35.2026 2026-06-18
Stacja transformatorowa górnicza typu STGCA-*/*/*/*/* o mocy 1200 kVA na napięcie znamionowe zasilania 3,3 kV, 6 kV, 10 kV GX-15/26	Przedsiębiorstwo Kompletacji i Montażu Systemów Automatyki CARBOAUTOMATYKA S.A. w Tychach	GEM.4140.36.2026 2026-06-18

Stacja transformatorowa górnicza typu STGCA-*/*/*/*/* o mocy 600 kVAr na napięcie znamionowe zasilania 3,3 kV, 6 kV, 10 kV GX-16/26	Przedsiębiorstwo Kompletacji i Montażu Systemów Automatyki CARBOAUTOMATYKA S.A. w Tychach	GEM.4140.37.2026 2026-06-18
Stacja transformatorowa górnicza typu STGCA-*/*/*/*/* o mocy 300 kVAr na napięcie znamionowe zasilania 3,3 kV, 6 kV, 10 kV GX-17/26	Przedsiębiorstwo Kompletacji i Montażu Systemów Automatyki CARBOAUTOMATYKA S.A. w Tychach	GEM.4140.38.2026 2026-06-18
Zespół urządzeń zasilania, sterowania i zabezpieczeń maszyny wyciągowej typu 4L-4250/2x 2400 górniczego wyciągu szybowego GM-20/26	OPA-ROW Sp. z o.o. w Rybniku	GEM.4100.8.2026 2026-06-26
Prowadnice ślizgowe GM-21/26	„BIKAREX” Sp. z o.o. w Tychach	GEM.4103.2.2026 2026-06-26
Zintegrowany system sterowania kompleksu wydobywczego GX-18/26	Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A. w Bogdance	GEM.4142.13.2026 2026-07-17
Klatka 4-piętrowa GM-22/26	„BIKAREX” Sp. z o.o. w Tychach	GEM.4103.3.2026 2026-07-20
Zintegrowany system sterowania kompleksu wydobywczego GX-19/26	Południowy Koncern Węglowy S.A. w Jaworznie	GEM.4142.14.2026 2026-07-30
Pneumatyczny ciągnik manewrowy typu MK20 GM-24/26	PD Profi s.r.o w Ostrawie w Republice Czeskiej	GEM.4111.29.2026 2026-07-31

Opracowała: **Justyna JĘDRYSIK**

GÓRNICTWO NA ŚWIECIE

Ottawa zgodziła się na budowę kopalni Crawford

Spółka Canada Nickel uzyskała zgodę władz federalnych na realizację projektu wielometalowej kopalni Crawford w prowincji Ontario. Budowa zakładu może ruszyć w przyszłym roku. Decyzja zatwierdzająca projekt firmy Canada Nickel zapadła w czasie, gdy rząd premiera Marka Carneya dąży do przyspieszenia rozwoju sektora mineralnych surowców krytycznych, w obliczu utrzymujących się napięć handlowych ze Stanami Zjednoczonymi oraz konieczności zapewnienia krajowych dostaw kluczowych minerałów. To pierwszy przypadek zatwierdzenia projektu górniczego na mocy ustawy o ocenie oddziaływania (Impact Assessment Act) od czasu jej nowelizacji w 2019 r.

Władze federalne przekazały projekt do Biura ds. Kluczowych Projektów (Major Projects Office) pod koniec 2025 r., aby przyspieszyć proces wydawania zezwoleń. Równocześnie władze Ontario objęły go przyspieszoną procedurą administracyjną. Canada Nickel będzie pracować nad szczegółową dokumentacją techniczną, finansowaniem inwestycji oraz uzyskaniem pozostałych zezwoleń.

Projekt Crawford, zlokalizowany około 40 km na północ od Timmins w prowincji Ontario, dysponuje – jak się szacuje – drugimi co do wielkości zasobami niklu na świecie. Według studium wykonalności z października 2023 r. koszt jego realizacji w dwóch etapach wyniósłby 3,5 mld dolarów. W trakcie co najmniej 40-letniego okresu eksploatacji kopalnia miałaby dostarczyć 1,6 mln ton niklu, 58 mln ton rudy żelaza oraz 2,8 mln ton chromu, a także kobalt, pallad i platynę. Jak podaje spółka Canada Nickel, szacowana wartość netto projektu Crawford wynosi 2,8 mld dolarów.

Przedsięwzięcie wyróżnia się deklarowaną niską emisją dwutlenku węgla dzięki planowanej metodzie karbonatyzacji odpadów poflotacyjnych bezpośrednio w trakcie procesu technologicznego. Polega ona na wprowadzaniu skoncentrowanego strumienia CO₂ do odpadów w zakładzie przeróbczym, co umożliwia jego wiązanie w materiale odpadowym jeszcze w obrębie ciągu technologicznego.

Nikiel pozostaje kluczowym surowcem w produkcji stali nierdzewnej oraz akumulatorów do pojazdów elektrycznych. Dominująca pozycja Indonezji w globalnych dostawach tego metalu zwiększyła zainteresowanie rozwojem nowych źródeł jego pozyskiwania w krajach Zachodu.

[www.mining.com]

Kostaryka rozważa wznowienie projektu Crucitas

Prezydent Kostaryki Laura Fernández uczyniła kwestię ponownego otwarcia złóż złota w Crucitas kluczowym punktem swojego programu, stawiając pod znakiem zapytania jedną z najbardziej restrykcyjnych

polityk wydobywczych w Ameryce Łacińskiej. W kraju na nowo odżyła debata na temat tego, czy eksploatacja zasobów naturalnych może współistnieć z proekologicznym wizerunkiem Kostaryki.

Fernández, która objęła urząd 8 maja br. po zwycięstwie w pierwszej turze lutowych wyborów prezydenckich, szybko nadała priorytet projektowi ustawy w sprawie złóż złota, włączając go do porządku obrad sesji nadzwyczajnej Zgromadzenia Ustawodawczego zaledwie cztery dni po inauguracji prezydentury.

Proponowane przepisy pozwalają na poszukiwanie i wydobywanie złota wyłącznie w dystrykcie Cutris de San Carlos o powierzchni 84 800 ha, gdzie znajduje się złóż Crucitas, przy jednoczesnym utrzymaniu obowiązującego w pozostałej części kraju zakazu odkrywkowego wydobycia metali. Krok ten stanowi wyraźną zmianę kursu państwa, które zbudowało międzynarodową renomę w dziedzinach ochrony przyrody, ekoturystyki i zrównoważonego rozwoju. Przedstawiciele władz argumentują, że obowiązujący zakaz nie powstrzymał działalności wydobywczej w rejonie Crucitas. Umożliwił za to ekspansję nielegalnym podmiotom, które często stosują rtęć i cyjanek do oddzielania kruszcu od skały płonnej z pominięciem jakiejkolwiek kontroli środowiskowej.

Projekt ustawy zakłada przyznawanie koncesji wydobywczych w drodze przetargów publicznych, organizowanych przez Dyрекcję ds. Geologii i Górnictwa podlegającą Ministerstwu Środowiska i Energii. Przed przystąpieniem do przetargu firmy musiałyby się wykazać odpowiednim doświadczeniem technicznym, stabilnością finansową oraz pozytywną historią działań w zakresie ochrony środowiska.

[www.mining.com]

Korea Południowa i Chile zacieśniają współpracę w zakresie produkcji litu i miedzi

Po sierpniowym szczycie w Santiago, z udziałem prezydentów Lee Jae-myunga oraz José Antonio Kasta, Korea Południowa i Chile podpisały pięć porozumień, w tym umowę o partnerstwie w dziedzinie zasobów mineralnych, mającą na celu zacieśnienie współpracy w zakresie łańcuchów dostaw litu i miedzi.

Jak poinformowało biuro prezydenta Korei Południowej, porozumienia dotyczyły m.in. eksploatacji surowców mineralnych, badań na Antarktydzie, bezpieczeństwa morskiego czy promocji inwestycji. Lee stwierdził, że oba kraje są „naturalnymi partnerami”, biorąc pod uwagę to, że Chile jest najważniejszym na świecie producentem miedzi oraz litu, podczas gdy Korea Południowa przoduje w produkcji półprzewodników oraz akumulatorów.

[www.mining.com]

Opracował: Jacek BIELENIN

PRZEGLĄD AKTÓW NORMATYWNYCH

ogłoszonych w okresie od 26 maja do 25 sierpnia 2026 r.

1. W **Dzienniku Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej** ogłoszono m.in.:

1) w **zakresie aktów rangi ustawowej**: o zmianie ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym oraz niektórych innych ustaw (poz. 781; termin na uwzględnienie w planie ogólnym oraz w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego występowania udokumentowanych złóż kopalin oraz na wprowadzenie zmian koniecznych dla ochrony udokumentowanych złóż kopalin, kompleksów podziemnego składowania dwutlenku węgla oraz podziemnych bezzbiornikowych magazynów substancji nie mogą upłynąć przed dniem 1 września 2026 r.), o zmianie ustawy o zarządzaniu kryzysowym oraz niektórych innych ustaw (poz. 815; operator infrastruktury krytycznej zostaje wpisany do wykazu podmiotów krytycznych w przypadku gdy m.in. prowadzi działalność w sektorze lub podsektorze, o którym mowa w załączniku do ustawy – sektor Energia, podsektor Wydobywanie kopalin), o zmianie niektórych ustaw w celu uproszczenia procedur administracyjnych w sprawach rozstrzyganych w drodze decyzji administracyjnych albo załatwianych milcząco (poz. 875; decyzje o ustaleniu kierunku rekultywacji oraz o uznaniu rekultywacji za zakończoną – wydawane na podstawie przepisów o ochronie gruntów rolnych i leśnych, m.in. po zasięgnięciu opinii dyrektora właściwego terenowo okręgowego urzędu górniczego – w odniesieniu do działalności górniczej, dotychczasowy przepis był bardziej ogólny), o zmianie niektórych ustaw w celu dokonania deregulacji w zakresie energetyki (poz. 900), o systemach sztucznej inteligencji (poz. 1003), o zmianie ustawy o ofercie publicznej i warunkach wprowadzania instrumentów finansowych do zorganizowanego systemu obrotu oraz o spółkach publicznych i ustawy o wdrożeniu niektórych przepisów Unii Europejskiej w zakresie równego traktowania (poz. 1034), o zmianie ustawy – Kodeks pracy oraz ustawy – Kodeks postępowania cywilnego (poz. 1046; nowe regulacje dotyczące mobbingu i dyskryminacji);

2) **jednolite teksty ustaw**: o Funduszu Transformacji Województwa Śląskiego Spółce Akcyjnej (poz. 713), o samorządzie województwa (poz. 720), o rezerwach strategicznych (poz. 733), o pracowniczych programach emerytalnych (poz. 777), o rzecznikach patentowych (poz. 778), Prawo zamówień publicznych (poz. 793), Kodeks cywilny (poz. 795), o systemie rekompensat dla sektorów i podsektorów energochłonnych (poz. 807), o komercjalizacji i niektórych uprawnieniach pracowników (poz. 809), o świadczeniach pieniężnych z ubezpieczenia społecznego w razie choroby i macierzyństwa (poz. 854).

2. W **Dzienniku Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej** ogłoszono również m.in.:

1) **rozporządzenia** w sprawie: wykazu spółek o istotnym znaczeniu dla gospodarki państwa (poz. 801; wykaz obejmuje m.in. KGHM Polska Miedź S.A., JSW S.A., ORLEN S.A., PGE S.A., PGG S.A., WĘGŁOKOKS S.A.), rodzaju i zakresu danych udostępnianych z centralnej ewidencji pojazdów (poz. 816, zakres danych udostępnianych m.in. organom nadzoru górniczego), szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (poz. 872; analizę zagrożeń mogących wystąpić na obszarze powiatu i województwa oraz analizę zabezpieczenia operacyjnego przeprowadza się z uwzględnieniem zagrożeń z obszarów sąsiadujących, objętych prawem górniczym, a także uwzględnia możliwość wykorzystania w działaniach ratowniczych sił i środków m.in. podmiotów objętych przepisami prawa górniczego), informacji o wysokości kwalifikowanych nakładów inwestycyjnych (poz. 883; informacja jest składana przez podmiot wydobywający miedź oraz srebro lub któremu zostały udzielone koncesje na poszukiwanie, lub rozpoznawanie złóż zawierających miedź oraz srebro, lub koncesje na wydobywanie miedzi oraz srebra, ale który w związku z tymi koncesjami jeszcze nie wydobywa miedzi oraz srebra), pilotażu morskiego (poz. 918, obejmuje platformy wiertnicze), przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych oraz przekazywania bieżących parametrów wydobywania węglowodorów ze złoża (poz. 1002), wysokości zwiększenia wskaźnika waloryzacji emerytur i rent w 2027 r. (poz. 1018), wzorów wniosków o udostępnienie materiałów państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego, licencji i Dokumentu Obliczenia Opłaty, a także sposobu wydawania licencji (poz. 1068), wykazu państw, których obywatele posiadający zezwolenie na pracę nie są uprawnieni do wykonywania pracy w czasie pobytu na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej w ramach ruchu bezwizowego (poz. 1072), zbiorów danych przestrzennych oraz metadanych infrastruktury informacji przestrzennej w zakresie zagospodarowania przestrzennego (poz. 1107);

2) **nowelizacje rozporządzeń** w sprawie: zmieniające rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy związanej z występowaniem w miejscu pracy czynników chemicznych (poz. 694; dotyczy zmian dopuszczalnego stężenia ołowiu), zmieniające rozporządzenie w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (poz. 706; zmiany dotyczą elektrowni wiatrowych), zmieniające rozporządzenie w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilak-

- tycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy (poz. 726; badania stężenia ołowiu we krwi), zmieniające rozporządzenie w sprawie obszarów, na których dopuszcza się lokalizowanie kompleksu podziemnego składowania dwutlenku węgla (poz. 761; zmiana załącznika obejmującego współrzędne geograficzne), zmieniające rozporządzenie w sprawie zapasów paliw w przedsiębiorstwach energetycznych (poz. 792; utrzymywanie zapasów węgla kamiennego, brunatnego, oleju opałowego), zmieniające rozporządzenie w sprawie wysokości opłat za czynności jednostek dozoru technicznego (poz. 806), zmieniające rozporządzenie w sprawie projektu planu ogólnego gminy, dokumentowania prac planistycznych w zakresie tego planu oraz wydawania z niego wypisów i wyrysów (poz. 826), zmieniające rozporządzenie w sprawie zasadniczych wymagań dotyczących ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (poz. 877), zmieniające rozporządzenie w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (poz. 927; zapewnienie właściwej temperatury w miejscu pracy), zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie projektowania, wytwarzania, eksploatacji, naprawy i modernizacji specjalistycznych urządzeń ciśnieniowych (poz. 990), zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu dziedzin zawodowych wraz z przyporządkowanymi do nich zawodami określonymi w klasyfikacji zawodów szkolnictwa branżowego (poz. 1048), zmieniające rozporządzenie w sprawie ewidencji gruntów i budynków (poz. 1094);
- 3) **jednolite teksty rozporządzeń** w sprawie: dokonywania oceny zgodności urządzeń radiowych z wymaganiami (poz. 671), orzekania o niepełnosprawności i stopniu niepełnosprawności (poz. 677), zakresu informacji o okolicznościach mających wpływ na prawo do zasiłków z ubezpieczenia społecznego w razie choroby i macierzyństwa lub ich wysokość oraz dokumentów niezbędnych do przyznania i wypłaty zasiłków (poz. 890).
3. W **Dzienniku Urzędowym Rzeczypospolitej Polskiej „Monitor Polski”** ogłoszono m.in.:
- 1) **obwieszczenia** w sprawie: ogłoszenia jednolitego tekstu uchwały Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej – Regulamin Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej (poz. 573); przeciętnego miesięcznego wynagrodzenia w sektorze przedsiębiorstw, włącznie z wypłatami z zysku, w drugim kwartale 2026 r. (poz. 720; 9396,33 zł), w sprawie ogólnopolskiej sieci branżowych centrów umiejętności na lata 2023–2028 (poz. 773; wykaz obejmuje m.in. centra prowadzące działalność w zakresie geologii, górnictwa otworowego i sieci gazowych, górnictwa podziemnego i przeróbki węgla oraz przeróbki rud metali i surowców mineralnych), o wskazaniu wystaw dających pierwszeństwo do uzyskania prawa ochronnego albo prawa z rejestracji w przypadku wystawiania na nich wzoru użytkowego albo wzoru przemysłowego (poz. 782; POLECO – Międzynarodowe Targi Ochrony Środowiska organizowane w dniach 6–8 października 2026 r. w Poznaniu), wskaźnika waloryzacji podstawy wymiaru zasiłku chorobowego przyjętej do obliczenia świadczenia rehabilitacyjnego w IV kwartale 2026 r. (poz. 858; 100,4%);
- 2) **uchwały** w sprawie: zmiany Regulaminu Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej (poz. 665), w sprawie zmiany Regulaminu Senatu (poz. 787);
- 3) **komunikaty** w sprawie: wysokości wskaźnika kwartalnej waloryzacji składek na ubezpieczenie emerytalne, środków, odsetek za zwłokę i opłaty prolongacyjnej, zewidencjonowanych na subkoncie, za I kwartał 2026 r. (poz. 550; 102,65%), wskaźnika cen towarów i usług konsumpcyjnych w pierwszym półroczu 2026 r. (poz. 704; 102,7); wskaźnika cen towarów nieżywnościowych trwałego użytku w drugim kwartale 2026 r. (poz. 709; 99,3), wskaźnika cen towarów i usług konsumpcyjnych ogółem w drugim kwartale 2026 r. (poz. 710; 101,0), w sprawie sytuacji radiacyjnej kraju w II kwartale 2026 r. (poz. 772), w sprawie przeciętnego wynagrodzenia w drugim kwartale 2026 r. (poz. 779; 9233,13 zł), w sprawie wysokości wskaźnika kwartalnej waloryzacji składek na ubezpieczenie emerytalne, środków, odsetek za zwłokę i opłaty prolongacyjnej, zewidencjonowanych na subkoncie, za II kwartał 2026 r. (poz. 838; 102,65%), kwot przychodu odpowiadających 70% i 130% przeciętnego miesięcznego wynagrodzenia ogłoszonego za II kwartał 2026 r. stosowanych przy zmniejszaniu albo zawieszaniu emerytur i rent (poz. 839; 6463,20 zł oraz 12003,10 zł),
- 4) **zarządzenie** w sprawie: nadania statutu Kancelarii Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej (poz. 653).
4. Ogłoszono również w **Dzienniku Urzędowym Ministra Energii – zarządzenie** w sprawie: organizacji i sposobu wykonywania zadań w ramach obowiązku obrony w działach administracji rządowej energia oraz gospodarka surowcami energetycznymi (poz. 15) oraz **obwieszczenie** w sprawie wykazu jednostek, którym w 2025 r. przyznano dotacje podmiotowe i celowe, wraz z kwotami dotacji przyznanych poszczególnym jednostkom (poz. 17).

Opracował: Wojciech WAWRZECZKO

HISTORIA I WSPÓŁCZESNOŚĆ GÓRNICTWA

Bezpieczeństwo w sercu natury. Zaawansowane zarządzanie ryzykiem związanym z makroorganizmami w sanockim Oddziale Upstream Polska

ORLEN S.A. – Oddział Upstream Polska w Sanoku wydobywa gaz ziemny i ropę naftową, prowadzi także eksploatację podziemnych magazynów gazu. Operuje na terenie pięciu województw: podkarpackiego, małopolskiego, lubelskiego, świętokrzyskiego i śląskiego, odpowiadając za około 30% krajowego wydobycia „niebieskiego paliwa” (GIOŚ, 2026). Praca w sektorze wydobywczym, szczególnie na obszarze województw przygranicznych południowo-wschodniej Polski, nierozzerwalnie wiąże się z operowaniem w ekosystemach leśnych. To wyzwanie dla ponad tysiąca pracowników oddziału.

Podkarpacie to ważny punkt na mapie obszaru Upstream w ORLEN S.A.; siedzibę ma tutaj także spółka ORLEN Technologie. Pozyskiwanie węglowodorów ze złóż przez ORLEN S.A. – Oddział Upstream Polska w Sanoku odbywa się z pomocą blisko 1500 czynnych odwiertów wydobywczych, z których nieco ponad połowa to odwierty ropne. Wydobycie w 2025 roku wynosiło 1 179 mln m³ gazu ziemnego oraz 30,5 tys. ton ropy naftowej. Zarówno odwierty ropne, jak i gazowe często zlokalizowane są w obszarach bardzo słabo zamieszkałych. Co więcej, infrastruktura kopalniana niejednokrotnie przenika przez korytarze ekologiczne kluczowe dla największych polskich drapieżników oraz mniejszych, jadowitych lub pasożytniczych gatunków. Zrozumienie dynamiki populacji dzikich zwierząt i wdrożenie profesjonalnych procedur prewencyjnych to istotny element współczesnego systemu BHP w górnictwie otworowym.

Sanok na styku cywilizacji i puszczy

ORLEN S.A. – Oddział Upstream Polska w Sanoku operuje na terenach o najwyższej w skali kraju bioróżnorodności. Rejon Bieszczad, Beskidu Niskiego oraz Pogórza to dom 90% polskiej populacji niedźwiedzia brunatnego oraz największej w naszym kraju populacji wilka (GUS, 2025), (RDOŚ, 2026). Choć dzikie zwierzęta z natury wykazują lęk przed człowiekiem, postępująca



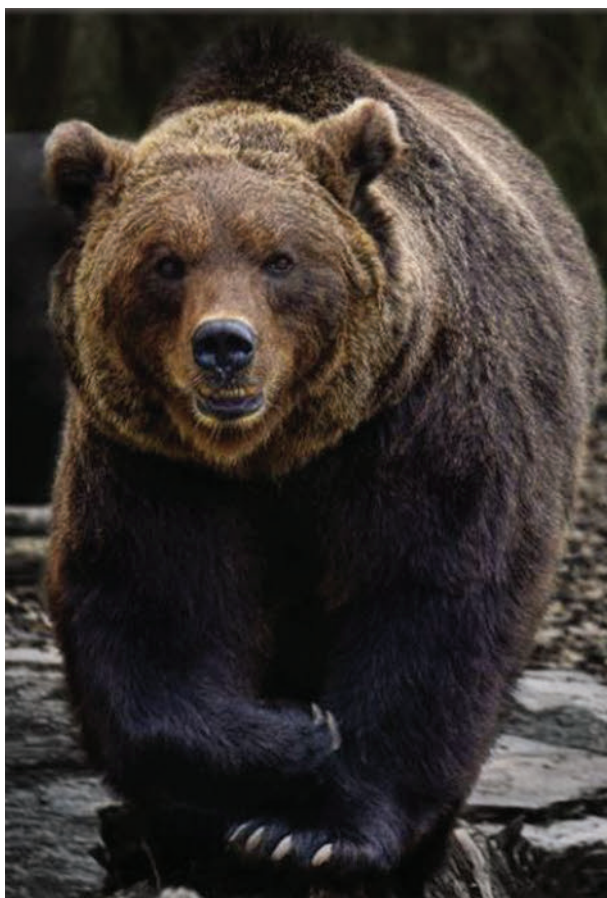
► Rys. 1. Trop niedźwiedzia i człowieka

synantropizacja oraz rozbudowa infrastruktury zwiększają prawdopodobieństwo incydentalnych spotkań, a co za tym idzie – stanowią realne zagrożenie dla zdrowia i życia pracowników.

O ile kilkanaście lat temu spotkania z dużymi drapieżnikami należały do rzadkości, o tyle obecnie pracownicy Oddziału Upstream Polska w Sanoku rocznie zgłaszają kilka incydentów związanych z obecnością dużych drapieżników na terenie infrastruktury kopalnianej. Zauważalna jest również stopniowa utrata lęku dużych drapieżników przed człowiekiem; zwierzęta, zamiast instynktownie uciekać, często przyglądają się z ciekawością napotkanym ludziom. Umiejętne radzenie sobie ze spotkaniami z dzikimi zwierzętami jest więc istotne dla powodzenia pracy oddziału, który odgrywa kluczową rolę w zakresie dostarczania surowców dla krajowego przemysłu oraz energetyki, m.in. dla Orlen Południe – Zakład Jedlicze.

Kluczowe zasady pracy w terenie

Eksperti od zachowań drapieżników podkreślają, że 80% niebezpiecznych zdarzeń wynika z błędów człowieka. Aby temu zapobiec, kluczowe jest stosowanie



► Rys. 2. Niedźwiedź brunatny (*Ursus arctos*)

kilku podstawowych zasad, które zmniejszają ryzyko spotkania z takim zwierzęciem.

- Odpowiednie gospodarowanie odpadami (zasada Zero Food) – pozostawianie resztek jedzenia prowadzi do tzw. kondycjonowania pokarmowego. Zwierzę kojarzące zapach człowieka z pożywieniem traci lęk, co czyni je nieobliczalnym.
- Dyscyplina terenowa – poruszanie się poza wyznaczonymi ścieżkami komunikacyjnymi oraz szlakami stwarza ryzyko spotkania ze zwierzętami, które nie spodziewają się obecności człowieka. Zaskoczone działają instynktownie i mogą zaatakować.
- Dyscyplina akustyczna – w terenach o ograniczonej widoczności pracownik powinien generować jednostajny, rytmiczny dźwięk (rozmowa, uderzanie narzędziem o metal). Pozwala to zwierzęciu na bezpieczną ewakuację przed naszym przybyciem.

Działania te są zaliczane do podstawowych zasad zachowania na terenach przyrodniczych zamieszkałych przez dzikie zwierzęta. Jeśli mimo ich stosowania dojdzie do spotkania ze zwierzęciem, pracownicy ORLEN – Oddziału Upstream Polska w Sanoku są przygotowani, by podjąć właściwe kroki w zależności od napotkanego gatunku.

Niedźwiedź brunatny (*Ursus arctos*) to największy lądowy drapieżnik Europy. Masa dorosłych samców przekracza 400 kg. Pomimo swoich gabarytów niedźwiedzie bardzo szybko biegają, świetnie pływają i potrafią wspinać się po drzewach. Szacuje się, że w Polsce żyje obecnie ok. 150–200 niedźwiedzi, z czego aż 80% bytuje w zasięgu operacyjnym oddziału w Sanoku (GIOŚ, 2026),

(RDOŚ, 2026). W ostatnich latach populacja wykazuje szybki trend wzrostowy, a obecność niedźwiedzi często jest sygnalizowana w rejonie infrastruktury przemysłowej Oddziału Upstream Polska w Sanoku.

Kluczowe zasady zachowania w przypadku spotkania niedźwiedzia są następujące:

- Jeśli widzisz zwierzę, a ono cię nie widzi – wycofaj się cicho tą samą drogą.
- Jeśli niedźwiedź staje na tylnych łapach, nie jest to sygnał agresji, lecz próba identyfikacji zapachowej i wzrokowej intruza – nie panikuj.
- Jeśli zwierzę cię zauważyło, pozostań w bezruchu i mów do niego spokojnym, niskim głosem (np. „wiem, że tu jesteś, odchodzę”).
- Jeżeli posiadasz plecak, nie zdejmuj go – może być on ochroną pleców w przypadku ataku. Nie podrzucaj niedźwiedziowi jedzenia, chcąc odwrócić jego uwagę, takie zachowanie tylko potęguje agresję. Nie uciekaj – niedźwiedź biega znacznie szybciej niż człowiek, osiągając prędkość 55 km/h. Zachowaj zimną krew, poczekaj, aż zwierzę straci zainteresowanie, i powoli się wycofaj.
- W razie ataku użyj gazu pieprzowego na niedźwiedzie. Jeżeli go nie posiadasz, połóż się na brzuchu, spleć dłonie na karku, osłoń twarz łokciami i udawaj martwego, dopóki zwierzę nie opuści rejonu.

Wilk szary (*Canis lupus*) to duży drapieżnik z rodziny psowatych, żyjący w hierarchicznych watachach. Dorosłe samce osiągają masę powyżej 75 kg. Dzięki ścisłej ochronie polska populacja wilka stale rośnie i liczy obecnie około 4500–5000 osobników, obejmując zasięgiem niemal cały kraj. Choć wilki z natury unikają ludzi, coraz częściej dochodzi do obserwacji watah w pobliżu infrastruktury kopalń oraz konfliktów na linii człowiek – zwierzę.

Gdy dojdzie do spotkania z wilkiem, należy zachować następujące zasady:



► Rys. 3. Wilk szary (*Canis lupus*)



► Rys. 4. Dzik euroazjatycki (*Sus scrofa*)

- Jeżeli zwierzę nas nie zauważy, powoli wycofaj się z miejsca spotkania. W zdecydowanej większości przypadków wilk oddala się, widząc człowieka.
- Jeżeli zwierzę wykazuje zainteresowanie, nie uciekaj, możesz natomiast wspiąć się na drzewo. W przeciwnieństwie do niedźwiedzia wilka należy aktywnie odstraszać. Wyprostuj się, rozłóż ramiona, krzycz głośno i zdecydowanie.
- Jeśli zwierzę nie odchodzi, możesz użyć gazu pieprzowego lub spróbować rzucać w jego stronę przedmiotami (kamieniem, bryły ziemi). Wilk musi kojarzyć człowieka z zagrożeniem i dyskomfortem. Gdy dojdzie do ataku, broń się, korzystając z dostępnych przedmiotów (kij, kamień itp.). Celuj w czułe miejsca, np. nos czy oczy atakującego drapieżnika.

Dzik euroazjatycki (*Sus scrofa*) to ssak parzystokopytny należący do rodziny świniowatych (*Suidae*), której przedstawicielem jest w Polsce. Charakteryzuje się klinowatą głową z ryjem, szczeciniastą sierścią i orężem w postaci kłów występujących u dorosłych samców, których masa dochodzi do ponad 300 kg. Populacja dzika w Polsce przekracza 250 tys. osobników. Zagrożenie potęguje fakt, że lochy (samice) mogą prowadzić młode (warchlaki) niemal o każdej porze roku.

Gdy dojdzie do spotkania z dzikiem, należy zachować następujące zasady:

- Wycofaj się powoli i zachowaj spokój. Unikaj szczególnie zwierząt rannych i loch prowadzących młode. Nie dokarmiaj i pod żadnym pozorem nie zbliżaj się do warchlaków, które w sytuacji zagrożenia wydają piskliwy dźwięk, co może spowodować atak matki do szarży.
- Dzik atakuje po linii prostej. Najskuteczniejszą metodą obrony jest gwałtowny skok w bok w ostatniej fazie (dziki mają bardzo duży promień skrętu) lub

wejście na podest techniczny, maskę samochodu czy drzewo – dzik nie potrafi się wspinać. To bardzo silne zwierzę, więc atakowanie go nie przynosi rezultatów.

Żmija zygzakowata (*Vipera berus*) to jedyny jadowity gad naturalnie występujący w Polsce. Często spotykana w miejscach nasłonecznionych, na obrzeżach lasów i przy elementach infrastruktury technicznej (np. nagrzane betonowe płyty). Rozpoznać ją można po charakterystycznym zygzaku na grzbiecie (nie jest to regułą) oraz pionowej źrenicy oka. Choć z natury płochliwa, w sytuacji zagrożenia kąsa.

W rejonach występowania żmii obowiązują następujące zasady:

- Patrz pod nogi i stosuj odpowiedni ubiór – wysokie obuwie za kostkę oraz długie spodnie stanowią skuteczną barierę mechaniczną. Żmija atakuje zazwyczaj do wysokości kostki.
- W przypadku spotkania zachowaj dystans co najmniej 1 metra i pozwól jej uciec. Nie wykonuj gwałtownych ruchów, nie drażnij gada.

W razie ukąszenia należy ograniczyć ruchy poszkodowanego (by spowolnić rozchodzenie się jadu), unieruchomić kończynę poniżej poziomu serca i wezwać pomoc medyczną. Nie wolno nacinać rany, wysysać jadu ani stosować opasek uciskowych. Konieczne jest podanie surowicy w warunkach szpitalnych.

Kleszcz pospolity (*Ixodes ricinus*) to pajęczak stanowiący jedno z najpoważniejszych, choć często bagatelizowanych, zagrożeń biologicznych. Występuje masowo w lasach liściastych i mieszanych, zaroślach oraz wysokich trawach. Żywi się krwią kręgowców (ssaków, ptaków, a czasem gadów), jest wektorem groźnych chorób, w tym boreliozy i kleszczowego zapalenia mózgu (KZM).

Minimalizacja ryzyka w przypadku kleszczy opiera się na profilaktyce (NIZP PZH-PIB, 2026).

- Szczelny ubiór i repelenty – jasna odzież (ułatwia dostrzeżenie pajęczaka) ze ściągaczami, wpuszczenie nogawek w skarpety oraz stosowanie środków chemicznych odstrasżających kleszcze.



► Rys. 5. Żmija zygzakowata (*Vipera berus*)

- Dokładna kontrola ciała – po każdym powrocie z terenu należy dokładnie obejrzeć skórę, ze szczególnym uwzględnieniem miejsc, gdzie jest cienka (pachwiny, zgięcia kolan, szyja).
- W przypadku wbicia się kleszcza trzeba go jak najszybciej usunąć, chwytając tuż przy skórze pęsetą lub urządzeniami przeznaczonymi do tego celu, a następnie zdezynfekować miejsce wkłucia. Należy obserwować miejsce ukąszenia. Jeśli pojawi się rumień wędrujący, konieczna jest wizyta u lekarza.

Praca w terenie, gdzie istnieje możliwość napotkania niebezpiecznych gatunków zwierząt, wiąże się także z ryzykiem zarażenia wścieklizną. Mimo regularnych akcji szczepienia lisów choroba ta pozostaje realnym zagrożeniem, szczególnie w województwach podkarpackim i lubelskim, bo tam w ostatnich latach odnotowywano jej ogniska. Wirus wścieklizny jest śmiertelny w 100% przypadków po wystąpieniu objawów, a głównymi nosicielami tej choroby są lisy, jenoty i nietoperze (GIW, 2026). Szczególną ostrożność należy zachować w sytuacjach, gdy napotykamy dzikie zwierzę wykazujące brak lęku przed człowiekiem, widzimy u niego nadmierny ślinotok, agresję bez powodu lub niedowład kończyn. W razie ugryzienia natychmiast przemyj ranę wodą z mydłem przez minimum 15 minut, zdezynfekuj ją i niezwłocznie udaj się do szpitala w celu podania surowicy.

Systemy bezpieczeństwa w ORLEN

Biorąc pod uwagę wskazane zagrożenia, ORLEN S.A. – Oddział Upstream Polska w Sanoku wdrożył zaawansowane standardy ochrony pracowników terenowych. Zespoły te są wyposażane w profesjonalne gazy na drapieżniki (Bear Spray) o wysokim stężeniu kapsaicyny, dzwonki odstraszające oraz środki ochrony chemicznej (repelenty) przed owadami i pajęczakami.

Dział Bezpieczeństwa i Higieny Pracy (BHP) i Ochrony Przeciwpożarowej (PPOŻ) prowadzi cykliczne szkolenia pracowników terenowych każdorazowo przy wymianie gazów pieprzowych na jednostkach. Szkolenia te obejmują krótką charakterystykę wybranych gatunków zwierząt stanowiących potencjalne zagrożenie, sposoby postępowania w przypadku ich spotkania i ataku, a także z zakresu pierwszej pomocy. Ponadto w ramach profilaktyki wydano broszury informacyjne dla pracowników: „Okło w oko z dzikimi zwierzętami”, „Uwaga żmije”, „Kleszcze! Poznaj swojego wroga”.

Literatura

1. GIOŚ (2026). Wyniki monitoringu gatunków i Siedlisk Przyrodniczych, Państwowy Monitoring Środowiska, <https://monitoringptakow.gios.gov.pl/> (dostęp: 13.04.2026).
2. Główny Inspektorat Weterynarii (2026). Komunikaty dotyczące sytuacji epizootycznej w zakresie wścieklizny, www.wetgiw.gov.pl/ (dostęp: 13.04.2026).
3. Główny Urząd Statystyczny (2025). Rocznik Statystyczny Leśnictwa 2025, Warszawa. <https://stat.gov.pl/> (dostęp: 13.04.2026).
4. Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego PZH-PIB (2026). Profilaktyka chorób odkleszczowych, www.pzh.gov.pl (dostęp: 13.04.2026).
5. ORLEN S.A. – Oddział Upstream Polska w Sanoku (2026). www.orken.pl/pl/o-firmie/co-robimy/polskie-aktywa-upstream/zespol-oddzialow-upstream-polska/oddzial-w-sanoku (dostęp: 13.04.2026).
6. RDOŚ Rzeszów (2026). Zasady postępowania w przypadku spotkania z dużymi drapieżnikami, www.gov.pl/web/rdos-rzeszow (dostęp: 13.04.2026).
7. Wewnętrzne procedury BHP obowiązujące w ORLEN S.A. – Oddział Upstream Polska w Sanoku (2026).



► Rys. 6. Kleszcz pospolity (*Ixodes ricinus*)

Spotkania z dużymi drapieżnikami odnotowywane są w Kartach Obserwacji Bezpieczeństwa (KOB). W 2026 r. zgłoszono dwa incydenty (obecność wilka na terenie jednej z kopalń oraz znalezienie resztek zagryzionej sarny przy odwiertach, gdzie wcześniej widziane były wilki). W przypadku profilaktyki dotyczącej kleszczy organizowane są szczepienia przeciwko KZM oraz badania diagnostyczne pod kątem borelioz.

Podsumowanie

Praca wydobywcza w specyficznych warunkach przyrodniczych Podkarpacia wymaga od pracowników nie tylko specjalistycznej wiedzy technicznej, ale również wysokiej świadomości ekologicznej i znajomości zasad BHP w zakresie kontaktu z dziką fauną. Dzięki wdrożonym procedurom, systematycznym szkoleniom oraz doposażeniu pracowników w środki ochrony bezpośredniej Oddział Upstream Polska w Sanoku skutecznie minimalizuje ryzyko wypadków, łącząc cele przemysłowe z poszanowaniem naturalnego środowiska życia drapieżników.

mgr inż. Jarosław HOLUTA

ORLEN S.A. – Oddział Centralny Upstream Polska
w Warszawie

Pod osłoną węgla. Nielegalne przekroczenia granicy z PRL w transportach z kopalń

Ukryci w węglu, pod warstwą koksu, pod workami z solą kamienną czy w transportach z rudą żelazną – w taki sposób liczni śmiałkowie zamierzali zbiec z Polski Ludowej na Zachód. Próby te podejmowano zarówno w portach morskich, jak i przy użyciu pociągów wiozących urobek z polskich kopalń za granicę do Czechosłowacji oraz Niemieckiej Republiki Demokratycznej. Znaczna część tego typu wypraw kończyła się niepowodzeniem.

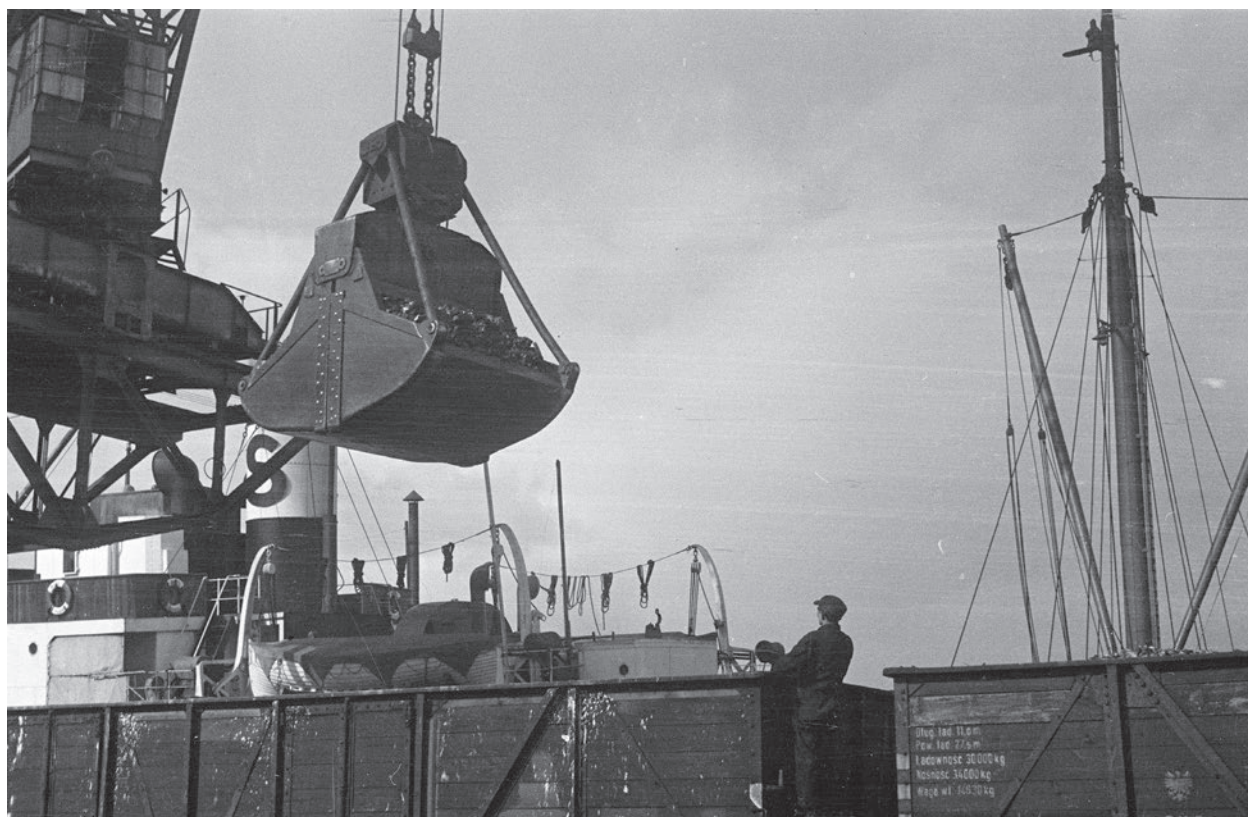
Stosunkowo najwięcej udokumentowanych prób ucieczek pochodzi z pierwszych kilkunastu lat Polski Ludowej, mniej więcej od 1949 roku. Wcześniej, tuż po II wojnie światowej, nie było potrzeby stosowania aż tak przemysłowych sposobów na nielegalne przekroczenie granicy. Przegląd ciekawszych przypadków zaczniemy od prób wydostania się z kraju drogą morską.

Węgiel kamienny był podstawowym surowcem eksportowym, a porty morskie jednym z nielicznych miejsc, gdzie Polacy mieli styczność z obywatelami państw kapitalistycznych pracującymi na statkach oraz z jednostkami pływającymi udającymi się do państw zachodnich. Na to ostatnie liczył dziewiętnastoletni Henryk Szkałuba, który pracował w Szczecinie w porcie przy załadunku węgla.

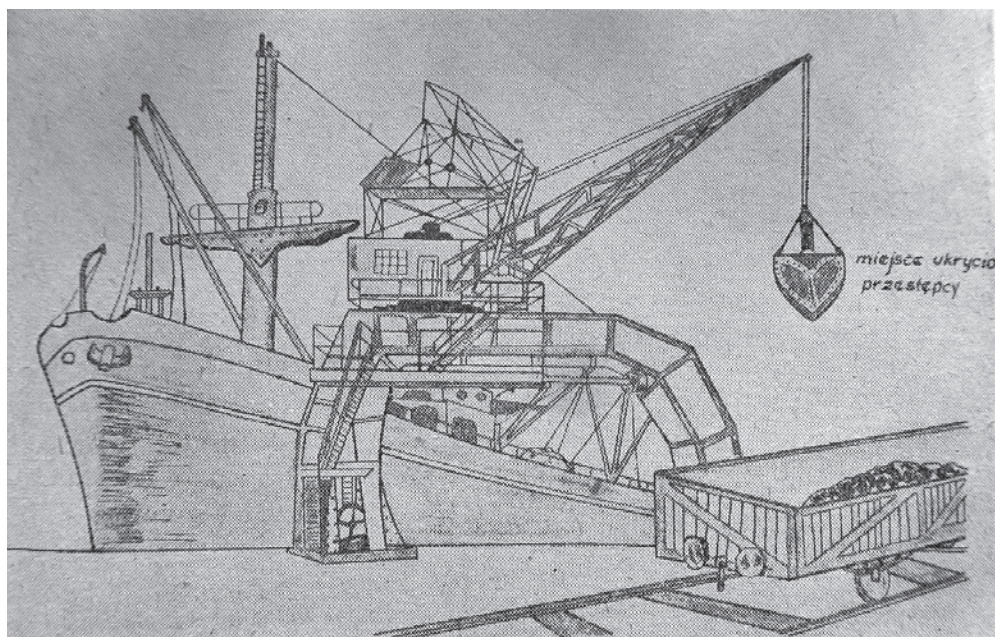
Zamierzał uciec drogą morską do Szwecji, więc ukrył się w luku węglowym statku. To tam 10 kwietnia 1949 r. został zatrzymany podczas przeszukania przez żołnierzy Wojsk Ochrony Pogranicza. 29 sierpnia 1949 r. Sąd Okręgowy w Szczecinie skazał go na karę 1 roku więzienia.

Wykrycie uciekiniera nieraz wymagało od żołnierzy WOP sporego poświęcenia. Tak było np. 7 czerwca 1949 r., gdy w porcie w Szczecinie odbyła się kontrola duńskiego statku Rikke Skou. Przeprowadzała ją ekipa z Granicznej Placówki Kontrolnej Szczecin Port. W składzie był m.in. strzelec Edmund Adamczak. Otrzymał on zadanie, by sprawdzić luki ładunkowe w przedniej części statku. W pierwszym luku nie było niczego poza ładunkiem. Drugi załadowany był miałem węglowym. By się do niego dostać, żołnierz musiał rozgrzebać dojskie. Wówczas jego uwagę zwróciło zachowanie marynarzy stojących na lądzie. Przyglądali się pracy żołnierza WOP z dużym zaniepokojeniem.

Taka postawa jeszcze bardziej zmotywowała strz. Adamczaka. Gdy już zrobił odpowiedni otwór, wszedł do luku ładunkowego, gdzie zmuszony był czołgać się w miale. Usłyszał wówczas podejrzane szmery. Dochodziły one z końca luku. Żołnierz w trakcie penetracji



► Port węglowy w Gdyni. To m.in. stąd uciekinierzy ukryci w węglu próbowali się przedostać drogą morską do Szwecji. Zdjęcie ze zbiorów Narodowego Archiwum Cyfrowego



► Jeden ze sposobów przedostania się uciekiniera z transportem węgla na zagraniczny statek.
Zdjęcie ze zbiorów Instytutu Pamięi Narodowej

posługiwał się latarką elektryczną. Zauważył wtedy, że spod węgla wystają fragmenty szmaty. Wkrótce przekonał się, że to kawałek odzieży człowieka ukrytego w luku ładunkowym. Zapytał więc go, co tam robi, lecz nie uzyskał odpowiedzi. Wówczas wyciągnął pistolet i zażądał wyjścia na pokład. Obaj, żołnierz i ukryty człowiek, pokonali tę drogę, czołgając się w miale.

W trakcie dochodzenia wyszło na jaw, że „pasażerem na gapę” był Edward Marcinkowski, występujący pod przybranym nazwiskiem jako Henryk Mierzkiewicz. Śledczy ustalili, że w czasie okupacji niemieckiej działał w Armii Krajowej. Natomiast po przejęciu władzy przez komunistów kontynuował działalność w organizacji WiN (Zrzeszenie Wolność i Niezawisłość) w okolicach Sieradza. Zarzucano mu, że od 1947 r. brał czynny udział w napadach na działaczy nowego reżimu i na funkcjonariuszy Urzędu Bezpieczeństwa Publicznego.

Za skuteczną akcję Edmund Adamczak awansowany został do stopnia starszego strzelca. Przyznano mu nagrodę pieniężną w wysokości 5000 zł oraz 7 dni urlopu. „Żołnierz ten nie ograniczył się do stwierdzenia, że w luku ładunkowym znajduje się węgiel ale zadał sobie wiele trudu aby otrzymane zadanie wykonać dokładnie”, czytamy w rozkazie specjalnym, wydanym pod koniec lipca 1949 r. przez Głównego Inspektora Ochrony Pogranicza.

W 1954 r. wydano, przeznaczony do użytku służbowego przez Dowództwo Wojsk Ochrony Pogranicza, Biuletyn o sposobach i metodach stosowanych przez przestępców granicznych na przestrzeni lat 1945–1954. Opisane w nim przypadki zostały zanonimizowane – nie podano dat, nazwisk ani miejscowości, w których zaszły opisane zdarzenia. Jedno z nich miało miejsce w którymś z polskich portów morskich. Zasługuje ono na uwagę ze względu na nader przemyślny sposób przedostania się uciekiniera wraz z transportem węgla przeznaczonego na eksport.

Pomocy udzielił mu jeden z zagranicznych marynarzy oraz dwaj polscy pracownicy portu. Uciekinier został

ukryty w wagonie z węglem, odstawionym na bocznicę. Węgiel z tego wagonu przeznaczony był do załadunku na statek. Właśnie stamtąd za pomocą dźwigu portowego przetransportowano go chwytnikiem z wagonu do luku węglowego na statku. Wcześniej wspomniany marynarz przygotował skrytkę w luku.

Warto też zacytować inny opis nieudanej ucieczki z węglem na eksport z tego samego biuletynu: „Ekipa kontrolerska WOP dokonująca odprawy statku wyjeżdżającego z portu do jednego z państw kapitalistycznych zauważyła, że załadowany węgiel jest rozłożony nierówno i największa ilość znajduje się w bunkrze pod pomostem kapitańskim. Wzbudziło to pewne podejrzenie, które okazało się uzasadnione, gdyż po odsunięciu węgla znaleziono ukrytych tam 4-ch przestępców granicznych”.

Zagraniczne statki czekające na załadunek polskiego węgla wielokrotnie były celem osób chcących przedostać się z PRL do świata kapitalistycznego. Próby te kończyły się niekiedy już na samym początku. Doświadczył tego chociażby 23-letni tokarz z Gdyni Zdzisław Krupa, który 12 sierpnia 1957 r. o godzinie 3 w nocy próbował dostać się na statek Prinał pływający pod francuską banderą. Mężczyzna przy pomocy dętki rowerowej przepłynął z nabrzeża górniczego przez kanał na nabrzeże węglowe w porcie w Gdańsku, zamierzając drogą morską dostać się do Francji. Zauważył go jednak żołnierz pełniący służbę na nabrzeżu, który doprowadził do ujęcia mężczyzny.

Mimo nawet największej staranności wopisci nie byli w stanie zapobiec wszystkim ucieczkom. O niektórych dowiadawali się po czasie, jak np. 20 lutego 1957 r., gdy kapitan statku SS Pstrowski bandery polskiej drogą radiową powiadomił zarząd portu w Gdyni o tym, co zaszło na tym statku dwa dni wcześniej. Otóż w czasie wyładunku węgla w porcie w Sztokholmie szwedzcy robotnicy znaleźli w luku węglowym dwóch obywateli PRL. Zwrócili się oni do władz szwedzkich z prośbą o azyl i pozostali w Szwecji. Ustalono, że pasażerowie na gapę dostali się na pokład statku nielegalnie 15 lutego 1957 r., w czasie załadunku

w porcie w Gdańsku. Byli pracownikami portu. Jeden z nich, liczący wtedy 27 lat Stanisław Mokrzycki, pracował jako dźwigowy, drugim był Michał Stasiak, również zatrudniony w porcie Gdańsk jako przetokowy.

Udanych ucieczek do Szwecji dokonywano nie tylko statkami z węglem, ale także za pośrednictwem pociągów wiozących urobek z kopalń soli kamiennej. Na początku kwietnia 1955 r. na biurku ministra spraw wewnętrznych wyładowało pismo z Ministerstwa Spraw Zagranicznych PRL. Do pisma dołączony był odpis tłumaczenia artykułu prasowego, jaki ukazał się 9 marca 1955 r. w największym szwedzkim dzienniku „Dagens Nyheter”. Korespondent tej gazety w Malmö donosił o niezwykłym zdarzeniu, jakie miało miejsce dzień wcześniej w Trelleborgu. Do portu tego przybył bowiem prom z wagonami kolejowymi z portu Sasnitz w Niemieckiej Republice Demokratycznej. Transportowano nimi m.in. sól kamienną, wydobywaną – jak wynika z relacji – we wschodniej Polsce, czyli być może w kopalni w Bochni lub w Wieliczce.

Gdy szwedzcy kolejarze przyjmowali wagony, jeden z nich usłyszał stukanie. Prócz tego w bocznej ścianie wagonu wywiercony był otwór, przez który ktoś od wewnątrz poruszał patykiem, aby zwrócić na siebie uwagę. Szwedzi zorientowali się, że pod workami z solą są ukryci ludzie. Nie mieli oni jednak możliwości samodzielnie wydostać się z kryjówki. Pomógł im w tym personel promu kolejowego, wyjmując worki z wagonu.

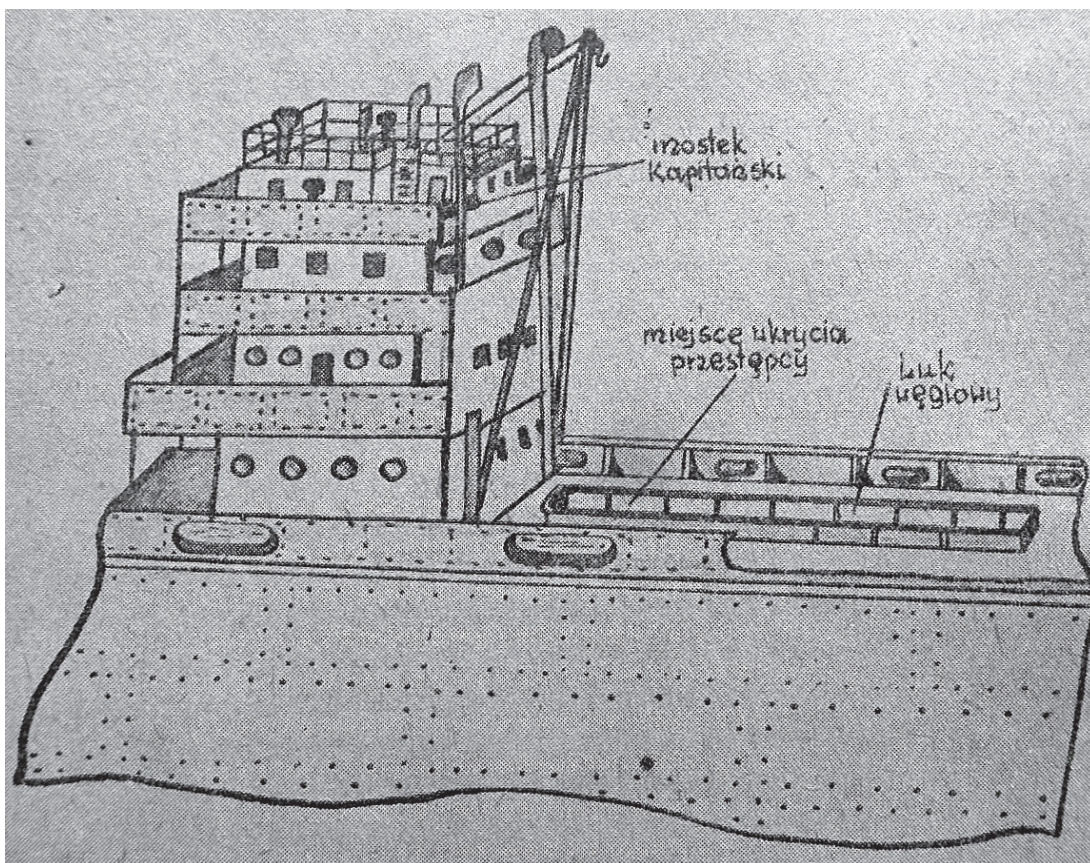
Oczom Szwedów ukazała się wtedy prowizoryczna kryjówka na dnie wagonu. Składała się na nią kilka grubych desek, które chroniły uciekinierów przed zgnieceniem przez worki z solą. Znajdowali się tam

kobieta i mężczyzna w wieku 35 lat. Jadąc w ten sposób, spędzili sześć dni w wagonie towarowym. W podróż zabrali trochę chleba i wody, byli jednak mocno wygłodniali. Jak relacjonował dziennikarz, ze smakiem zjedli posiłek, który zafundowała im szwedzka policja. Para uciekinierów miała też własnoręcznie przygotowany świder, przy pomocy którego zamierzała wydostać się z wagonu. Ponieważ znali tylko język polski, trzeba było sprowadzić tłumacza.

Był to prawdopodobnie odosobniony przypadek ucieczki w transporcie z solą. Zdecydowanie częściej uciekinierzy z Polski Ludowej decydowali się na ukrycie w wagonach z węglem. I na to swoje sposoby mieli pogranicznicy. Bardzo użytecznym narzędziem do wykrywania ukrywających się w wagonach z węglem był zwykły metalowy pręt. Celnicy oraz żołnierze WOP wbijali pręt w urobek, jakim załadowane były kolejne wagony pociągu. Dawało to szansę ujawnienia człowieka, który schowany był pod niewielką warstwą węgla.

Metoda ta poskutkowała 12 sierpnia 1951 r., gdy na stacji Węgliniec przeprowadzano standardową kontrolę pociągu załadowanego węglem, który miał przekroczyć granicę z Niemiecką Republiką Demokratyczną. Precyzyjnie rzecz ujmując, skład z węglem przechodził dwie kontrole. Pierwszą przeprowadzał urzędnik celny, a drugą żołnierze z Granicznej Placówki Kontrolnej.

Tym razem człowieka ukrytego w wagonie węglarce ujawnił celnik. Gdy zaczął wbijać na chybił, trafił pręt w głąb węgla, spod warstwy czarnych brył wyskoczył człowiek i zaczął uciekać. Przestraszył się, że może zostać przebit prętem. Ucieczka z wagonu nie powiodła się. Żołnierz WOP zauważył wyskakującego i natych-



► Niejednokrotnie wykorzystywanym miejscem ukrywania się uciekinierów był luk węglowy na statku. Zdjęcie ze zbiorów Instytutu Pamięi Narodowej

miast powiadomił oficera kontrolnego. Wysłany patrol ujął uciekiniera, przypuszczalnie umorusanego węglem. Ten jednak nie przyznał się do zamiaru nielegalnego przekroczenia granicy.

W lutym 1952 r. zanotowano dwa przypadki przemyślnego ukrycia się osób w wagonach wiozących urobek z kopalń za granicę. Bohaterem jednej z takich prób był robotnik pracujący przy załadunku węgla do wagonów w jednej z kopalń. Mężczyzna wykonał dziurę w podłodze wagonu, następnie przykrył ją deskami opartymi ukośnie o ścianę i podłogę, po czym z wierzchu przysypał je węglem. W ten sposób zamaskował kryjówkę. Potem wszedł do niej przez dziurę w podłodze wagonu, a tę zabił deskami. Uciekiniera wykryto 28 lutego 1952 r. tylko dlatego, że jego zapach wyczuł pies służbowy towarzyszący żołnierzom przeprowadzającym kontrolę przed wyjazdem pociągu z Polski. Pies zatrzymał się przy jednym z wagonów, węsząc od spodu i z boku. Zwrócił na to uwagę przewodnik. Żołnierz przyjrzał się wagonowi i spostrzegł, że od spodu kilka desek w podłodze było przyciętych. Tak rozpoznał wejście do kryjówki. Po usunięciu warstwy węgla w wagonie odnaleziono niedoszedłego uciekiniera.

Również w lutym 1952 r. wykryto czterech potencjalnych przestępców granicznych, którzy ukryli się w wagonie załadowanym rudą żelaza. Uczynili to około 30 kilometrów przed stacją graniczną.

Nasilone przypadki prób nielegalnego przekroczenia granicy w wagonach towarowych, jakie zanotowano w lutym 1952 r., skłoniły dowództwo 5 Brygady WOP do wydania rozkazu, aby wszystkie kontrole pociągów towarowych przeprowadzać ze specjalnie przeszkolonymi psami służbowymi. Polecono pouczyć ekipy kontrolne, aby sprawdzały podłogi wagonów z zewnętrznej strony.

Jednak nawet pomimo wdrożenia tych środków ostrożności niektórym śmiałkom udało się zmylić czujność pograniczników. Oto jeden z takich przykładów. W godzinach wieczornych 23 września 1954 r. dwaj mężczyźni zablindowali się w wagonie węglarce na terenie koksowni w Gliwicach. Tam skład pociągu załadowany został koksem, po czym wyruszył w kierunku Niemieckiej Republiki Demokratycznej. Pociąg z Gliwic dojechał do Węglińca, czyli do ostatniej stacji przed granicą z NRD, następnego dnia w godzinach wieczornych. Nazajutrz, czyli 25 września 1954 r., pociąg oznaczony numerem 45 ruszył z Węglińca o 5 rano w kierunku granicy.

Przed granicą był jeszcze planowy postój na przystanku Bielawa Dolna. Tam ekipa kontrolerska składająca się z żołnierzy Wojsk Ochrony Pogranicza miała za zadanie skontrolować pociąg, żeby upewnić się, czy nie ma w nim naruszcycieli granicznych. Jeden z żołnierzy miał przeszukać wnętrze węglarki za pomocą stalowego pręta, drugi sprawdzał podwozia i budki hamulcowe, a trzeci kontrolował wagony z użyciem psa służbowego. Pracą całej ekipy kierował kontroler Granicznej Placówki Kontrolnej Węglińca.

Jak zanotowano, kontrola trwała pół godziny, od 5:17 do 5:47, a kontrolerzy nie ujawnili żadnych podejrzanych oznak, które mogłyby wskazywać na obecność przestępców granicznych. Wobec tego zezwolono na

odjazd pociągu w stronę mostu granicznego na Nysie Łużyckiej i dalej do niemieckiej stacji Horka.

Późniejsze dochodzenie wykazało, że dwaj mężczyźni wykonali w wagonie skrytkę zabezpieczającą z desek. Aby zapewnić sobie dopływ powietrza, w podłodze węglarki wywiercili dwa otwory. Po pewnym czasie uciekinierzy zostali ujęci. Władze NRD przekazały ich stronie polskiej 3 lutego 1955 r. na spotkaniu granicznym w Zgorzelcu.

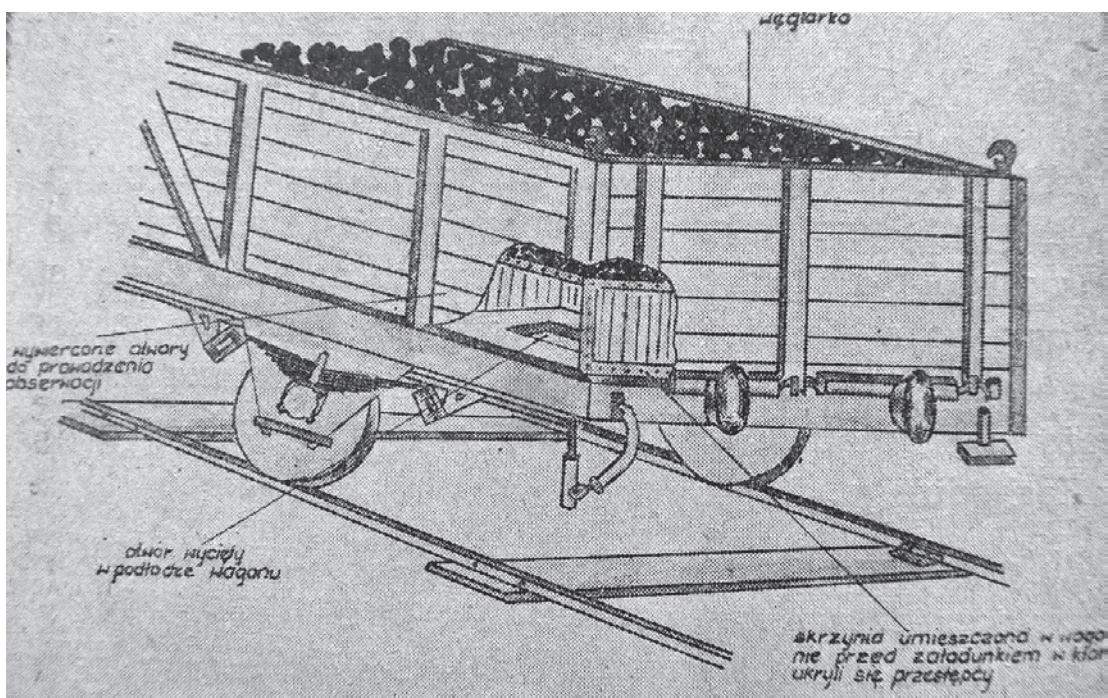
Całkiem podobny przypadek opisany został w przywoływanym już wcześniej biuletynie na temat metod i sposobów stosowanych przez przestępców granicznych. Otóż dwaj mężczyźni wykorzystali skrytkę z desek wzmocnioną dodatkowo metalową ramą, jaka przygotowana została w wagonie służącym do przewozu węgla. Mężczyźni skrytkę tę wykonali w czasie ładowania węgla do wagonów na terenie kopalni. Następnie ukryli się w niej po załadunku węgla. W podłodze wagonu wyróżniony był otwór, a w ścianach wagonu wywiercone szpary. Umożliwiały one uciekinierom obserwację i zapewniały dopływ powietrza. Tym razem pomysłowość nic nie dała i na jednej ze stacji granicznych pasażerowie na gapę zostali wykryci.

Na marginesie relacjonowanych przypadków można jeszcze odnotować, że 23 czerwca 1956 r. Dowództwo Wojsk Ochrony Pogranicza wydało zarządzenie, by zaniechać przeszukiwania wagonów z węglem prętami kontrolerskimi. Być może procedura ta zbyt rzadko dawała jakiegokolwiek efekty.

W pierwszych dekadach Polski Ludowej węgiel przewożony był w zdecydowanej większości pociągów, czy to pasażerskich, czy towarowych, gdyż na Polskich Kolejach Państwowych dominowały parowozy. Nieraz zdarzało się, że uciekinierzy podejmowali współpracę z maszynistami, by wydostać się za granicę. Znowu cytujemy tu opis ze znanego nam już biuletynu. Zdarzenie miało miejsce na jednej ze stacji granicznych w godzinach nocnych: „przestępca działając w porozumieniu z maszynistą parowozu pociągu międzynarodowego wyjeżdżającego z Polski, po dokonaniu odprawy pociągu zbliżył się do parowozu i pod osłoną puszczonej pary, przestępca wskoczył na tender parowozu i ukrył się w węglu. Dzięki czujności elementu blokującego przestępca został spostrzeżony i ujęty”.

Niekiedy o powodzeniu nie decydowała pomysłowość uciekiniera, ale opieszałość osób odpowiedzialnych za ruch pociągów przez granicę. Taka sytuacja miała miejsce 26 lutego 1982 r. na trasie Bielawa Dolna – Horka. Tego dnia o godzinie 17:25 na niemiecką stację Horka wjechał pociąg towarowy nr 4022 relacji Węglińca – Horka. Na zderzaku jednego z wagonów węglarek pociągiem tym wjechał na teren Niemieckiej Republiki Demokratycznej mężczyzna w średnim wieku. Wcześniej pasażera na gapę dostrzegł dróżnik pracujący na mijance Bielawa Dolna i powiadomił o tym Wojska Ochrony Pogranicza, ale zrobił to zbyt późno, gdy pociąg wjechał już do NRD.

Po zatrzymaniu pociągu w Horce mężczyzna najpierw zamierzał wysiąść na stronę dozorowaną przez żołnierzy, ale zorientował się i wyskoczył z pociągu w przeciwnym kierunku, po czym zbiegł. Żołnierze zdołali tylko zapamiętać, że nielegalny pasażer miał na sobie nakrycie głowy, czarny płaszcz i srebrne kozacz-



► Skrytka w wagonie z węglem. Zdjęcie ze zbiorów Instytutu Pamięci Narodowej

ki. Finalnie mężczyzna został po pewnym czasie ujęty i 18 marca 1982 r. na drogowym przejściu granicznym w Świecku koło Słubic przekazano go polskim władzom. Okazało się, że był to liczący 47 lat mieszkaniec Jeleniej Góry. Za swój czyn trafił na 3 miesiące do aresztu.

Ciągnie górnika do węgla, nawet po odejściu z kopalni. Tak spuentować można zdarzenie z udziałem liczącego 36 lata mieszkańca jednego z domów przy ul. Górniczej w Czeladzi. Trzy kwadranse przed północą 11 października 1958 r. został on zatrzymany przez ekipę kontrolerską Granicznej Placówki Kontrolnej Zebrzydowice. Mężczyznę znaleziono w wagonie z węglem, w pociągu odjeżdżającym do Czechosłowacji. Niedoszły uciekinier przyznał się, że ostatnio zatrudniony był w Kopalni Węgla Kamiennego „Czerwona Gwardia” jako zwykły robotnik, jednak od 4 miesięcy pozostawał bez pracy. Próbował bezskutecznie przedostać się do Czechosłowacji.

Kilka miesięcy później na południowej granicy zanotowano przypadek udanego wydostania się z PRL przy użyciu pociągu towarowego. Jesienią 1958 r. dwaj mężczyźni uciekli z Polski do Austrii w skrytce skonstru-

owanej w wagonie z węglem. Pociąg, którym podróżowali, wyjechał z Polski w nocy z 3 na 4 listopada 1957 r. przez stację graniczną Chałupki, niedaleko Raciborza. O ucieczce polskie władze dowiedziały się 4 dni później od strony czechosłowackiej. Te przekazały informację, że wejście do skrytki urządzone było od dołu wagonu. Z wierzchu nie było widać nic poza węglem.

Na koniec można jeszcze przytoczyć i taki przypadek, kiedy to do ucieczki ostatecznie nie doszło. Otóż 21 maja 1986 r. w Wałbrzychu zatrzymany został liczący 29 lat bezrobotny mężczyzna. Podejrzewano go o to, że 27 kwietnia 1986 r. wieczorem wyjechał nielegalnie z Polski do Czechosłowacji przez Mieroszów, z zamiarem przedostania się do Republiki Federalnej Niemiec. Śledczy przyjęli, że granice przekroczył w wagonie towarowym ukryty pod warstwą węgla kamiennego lub koksu, jednak następnego dnia z powodu trudności z oddychaniem wyszedł i wrócił do Polski w bliżej nieokreślonym miejscu. Dalsze dochodzenie wykazało, że przed wyjazdem pociągu z Wałbrzycha odstąpił od zamiaru ucieczki.

Tomasz RZECZYCKI



Fundacja

„Bezpieczne Górnictwo im. prof. Wacława Cybulskiego”

Celem Fundacji jest:

- wspieranie szeroko rozumianych działań w zakresie zarządzania bezpieczeństwem pracy w górnictwie,
- inicjowanie szerokiego powiązania nauki z praktyką w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie,
- inicjowanie rozwoju działalności edukacyjnej w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy,
- wspieranie opracowywania i wdrażania w górnictwie technologii podnoszących stan bezpieczeństwa i higieny pracy,
- wspieranie projektowania i produkcji maszyn, urządzeń, sprzętu i ochron osobistych podnoszących stan bezpieczeństwa i higieny pracy oraz inicjowanie ich wdrażania w zakładach górniczych,
- działania na rzecz unowocześniania i rozwoju polskiego ratownictwa górniczego,
- występowanie z inicjatywą wprowadzania rozwiązań prawnych w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w zgodności z prawem Unii Europejskiej,
- inicjowanie usprawnień systemu informacji w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie,
- nagradzanie górników za wzorowo przeprowadzone akcje ratownicze w kopalniach.

**WSZYSTKICH ZAINTERESOWANYCH DZIAŁALNOŚCIĄ FUNDACJI
ZAPRASZAMY DO WSPÓŁPRACY**

Kontakt:

Fundacja „Bezpieczne Górnictwo im. prof. Wacława Cybulskiego”

ul. Poniatowskiego 31, 40-055 Katowice

tel. 32 736 17 24, fax 32 251 48 84

nr konta: 1500 1445 4934 9512 1440 018476

Kredyt Bank PBI SA. II/O Katowice