

Dariusz Musioł

Silesian University of Technology / Politechnika Śląska

Corresponding author / Autor korespondencyjny: [dariusz.musiol@polsl.pl](mailto:dariusz.musiol@polsl.pl)

## Lifeline as a Crew Evacuation System During Fires in Mining Excavations

### Lina życia jako system ewakuacji załogi w czasie pożarów w wyrobiskach górniczych

#### ABSTRACT

**Aim:** The aim of this article is to present the lifeline developed as part of a research project No. 12 entitled: "Development of orientation and signalling systems indicating the direction of crew retreat on escape routes in wall-side sidewalks". The lifeline is a simple yet effective system that enables the evacuation of mining crews in situations of complete lack of visibility. It accelerates their self-evacuation from areas affected by fire. Its design is based on simple markers, mounted on a steel cable, indicating the direction of evacuation.

**Introduction:** Statistical data show that underground fires, alongside methane explosions, pose a significant danger in hard coal mines. Due to the need to evacuate mining crews in dangerous situations, particularly those involving fire gases, mines use a variety of measures to improve the efficiency of such operations. One of them is a lifeline that assists in the effective evacuation of crews from mining excavations where a fire has broken out, causing smoke to fill the air and, as a result, causing a loss of visibility.

**Methodology:** The lifeline has been tested in the excavations of two hard coal mines, and the tests have confirmed its usefulness as a very helpful means of evacuating miners via escape routes in conditions of limited or complete lack of visibility. Mine workers, mine rescuers, and other participants in the lifeline tests assessed that the lifeline makes it possible to evacuate from smoke-filled pits much faster than without it and guarantees that the crew can retreat to the evacuation site. The average withdrawal speeds in pits with a lifeline installed were approximately 30 m/min.

**Conclusions:** The research conducted showed that the speed of movement of mining crews in longwall pits equipped with lifelines increased significantly. This is particularly true in situations of complete lack of visibility. Research has shown that the average speed of passage through a 10–11° upward slope was approximately 22 m/min, and in case of an almost horizontal slope – approximately 39 m/min. Since 2019, several Polish hard coal mines have implemented a lifeline system, developed on the basis of recommended mining safety practices. This solution has been recognized as an effective aid in evacuating miners in conditions of limited visibility caused by smoke in the pits.

**Keywords:** underground mines, tunnels, fire hazard, escape routes, evacuation

**Type of article:** review article

---

Received: 12.10.2025; Reviewed: 31.10.2025; Accepted: 31.10.2025;

Author's ORCID ID: 0000-0001-7703-168X;

Please cite as: SFT Vol. 66 Issue 2, 2025, pp. 40–60, <https://doi.org/10.12845/sft.66.2.2025.3>;

This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

---

#### ABSTRAKT

**Cel:** Celem artykułu jest przedstawienie liny życia opracowanej w ramach projektu badawczego nr 12 pt. „Opracowanie systemów orientacji i sygnalizowania kierunku wycofania się załogi na drogach ucieczkowych w chodnikach przyścianowych”. Lina życia jest prostym, a jednocześnie efektywnym systemem umożliwiającym ewakuację załóg górniczych w sytuacji całkowitego braku widzialności, przyspieszającym ich samoewakuację z miejsc objętych pożarem. Jej konstrukcja jest oparta na prostych znacznikach, zabudowanych na stalowej linie, wskazujących kierunek ewakuacji.

**Wprowadzenie:** Z danych statystycznych wynika, że w kopalniach węgla kamiennego pożar podziemny, obok wybuchu metanowego, jest niebezpieczeństwem bardzo istotnym. W sytuacji zagrożenia, w szczególności gazami pożarowymi, konieczna jest ewakuacja załóg górniczych. Kopalnie stosują różnorodne środki usprawniające tego typu akcje. Jednym nich jest lina życia, która wspomaga skuteczną ewakuację załogi z wyrobisk górniczych, w których doszło do pożaru, zadymienia oraz – w jego następstwie – utraty widzialności.

**Metodologia:** Lina życia została przetestowana w wyrobiskach kopalnianych dwóch kopalń węgla kamiennego, a badania potwierdziły jej wysoką przydatność przy ewakuacji górników drogami ucieczkowymi w warunkach ograniczonej widoczności lub jej zupełnego braku. Pracownicy kopalń, ratownicy górniczy oraz inni uczestnicy testów liny życia ocenili, że lina życia daje możliwość ewakuacji z zadymionych wyrobisk znacznie szybciej niż w przypadku jej braku. Daje także gwarancję wycofania się załogi do miejsca ewakuacji, ze średnią prędkością 30 m/min.

**Wnioski:** Przeprowadzone badania wskazały, że prędkość przemieszczania się załóg górniczych wyrobiskami przyścianowymi, w których zastosowano linę życia, znacznie się zwiększyła. Szczególnie dotyczy to sytuacji całkowitego braku widzialności. Badania wskazały, że średnia prędkość przejścia wyrobiskiem w górę pod kątem  $10^{\circ}$ – $11^{\circ}$  wyniosła ok. 22 m/min, a w przypadku prawie poziomego wyrobiska – ok. 39 m/min. Od 2019 roku w kilku polskich kopalniach węgla kamiennego wdrożono system liny życia, opracowany na podstawie rekomendowanych praktyk bezpieczeństwa górniczego. Rozwiązanie to zostało uznane za skuteczny element wspomagający ewakuację górników w warunkach ograniczonej widzialności spowodowanej zadymieniem wyrobisk.

**Słowa kluczowe:** kopalnie podziemne, tunele, zagrożenie pożarowe, drogi ucieczkowe, ewakuacja

**Typ artykułu:** artykuł przeglądowy

**Przyjęty:** 12.10.2025; **Zrecenzowany:** 31.10.2025; **Zaakceptowany:** 31.10.2025;

Identyfikator ORCID autora: 0000-0001-7703-168X;

**Proszę cytować:** SFT Vol. 66 Issue 2, 2025, pp. 40–60, <https://doi.org/10.12845/sft.66.2.2025.3>;  
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

## Introduction

Fire hazard is one of the most common hazards in hard coal mines. Although it is not a natural hazard, it is often associated with the natural tendency of coal to self-heat [1] and leads to endogenous fires. Over the past 10 years, there have been as many as 55 such fires in hard coal mines. Exogenous fires in comparison with endogenous fires are generally much more dangerous due to their significantly greater dynamics of development [2]. Nevertheless, they are presently less common. This is related not only to a significant reduction in combustible substances present in underground workings and a ban on the use of open flames, but also to a properly designed layout of preparatory pits in the mining area [3] as well as the installation of continuous automatic CO-metry sensors that detect elevated carbon monoxide concentrations even at slight increases. The first sign of a fire developing is an increase in carbon monoxide concentration in mine workings in the air flow [4].

Between 2015 and 2025, 55 endogenous fires and 43 exogenous fires were recorded in hard coal mines (see Fig. 1) [5].

In an emergency situation, the crew should be evacuated via escape routes to an assembly point located in a work area with a smooth air flow, unthreatened by combustion products.

The concept of evacuation, according to the Polish Standard [6], is defined as the orderly movement of people to a safe place. Evacuation is defined [7] as the process of moving people, animals, or property from a place of danger to a place that is currently safe. In the event of a fire hazard, this designated area is located in a mining excavation where the air flow has not been and will not be contaminated by combustion products generated by an underground fire. Therefore, this is not a complete evacuation, which would require the entire endangered mining crew to be moved outside the mining excavations. In the event of a fire hazard in underground pits, the evacuation of miners is usually an emergency evacuation, during which miners must be immediately moved from the danger zone to a safe area. During the evacuation, miners can only move through accessible mining pits that serve as escape routes. In a mine, miners do not have a choice of several alternative escape routes, as is the case in other locations.

## Wprowadzenie

Zagrożenie pożarowe jest jednym z najczęściej występujących zagrożeń w kopalniach węgla kamiennego. Choć nie należy ono do zagrożeń naturalnych, jest często związane z naturalną skłonnością węgla do samozagrzewania [1] i prowadzi do pożarów endogenicznych. W ciągu ostatnich 10 lat w kopalniach węgla kamiennego miało miejsce aż 55 takich pożarów. Pożary egzogeniczne w porównaniu do endogenicznych są na ogół znacznie bardziej niebezpieczne – ze względu na dużo większą dynamikę rozwoju [2]. Występują jednak obecnie rzadziej. Jest to związane nie tylko ze znacznym ograniczeniem substancji palnych występujących w wyrobiskach podziemnych, zakazem stosowania otwartego ognia, ale także z odpowiednio zaprojektowanym układem wyrobisk przygotowawczych w rejonie pola eksploatacyjnego [3] oraz zabudową czujników ciągłej CO-metrii automatycznej, wykrywających podwyższone stężenia tlenu węgla już przy niewielkich ich wzrostach. Pierwszym objawem rozwoju ogniska pożarowego jest wzrost stężenia tlenu węgla w wyrobiskach kopalnianych w przepływowym prądzie powietrza [4].

W latach 2015–2025 w kopalniach węgla kamiennego odnotowano 55 pożarów endogenicznych oraz 43 pożary egzogeniczne (zob. ryc. 1) [5].

W sytuacji zagrożenia załoga powinna zostać ewakuowana drogami ucieczkowymi do punktu zboru zlokalizowanego w wyrobisku z opływowym prądem powietrza, niezagrażonym produktami spalania.

Pojęcie ewakuacji zgodnie z Polską Normą [6] zdefiniowane jest jako uporządkowany ruch ludzi do miejsca bezpiecznego. Ewakuację określa się [7] jako proces przemieszczania ludzi, zwierząt lub mienia z miejsca zagrożenia do miejsca aktualnie bezpiecznego. W przypadku konieczności przeprowadzenia jej w kopalniach podziemnych jest to proces przemieszczania się górników do miejsca bezpiecznego, w którym nie występują jakiejkolwiek zagrożenia naturalne lub techniczne. W sytuacji zagrożenia pożarowego wyznaczone miejsce znajduje się w wyrobisku górniczym, w którym prąd powietrza nie został i nie zostanie zanieczyszczony produktami spalania powstałymi w ognisku pożaru podziemnego. Nie jest to więc ewakuacja całkowita, związana z koniecznością

przemieszczenia całej zagrożonej załogi górniczej poza wyrobiska górnicze. W sytuacji zagrożenia pożarowego w wyrobiskach podziemnych ewakuacja górników jest najczęściej ewakuacją interwencyjną, w czasie której musi nastąpić natychmiastowe przemieszczenie górników z miejsca zagrożenia do strefy bezpiecznej. W trakcie ewakuacji górnicy mogą poruszać się tylko dostępnymi wyrobiskami górniczymi stanowiącymi drogi ucieczkowe. W kopalni górnicy nie mają do wyboru kilku możliwych dróg ucieczkowych, jak to się dzieje w przypadku innych lokalizacji.

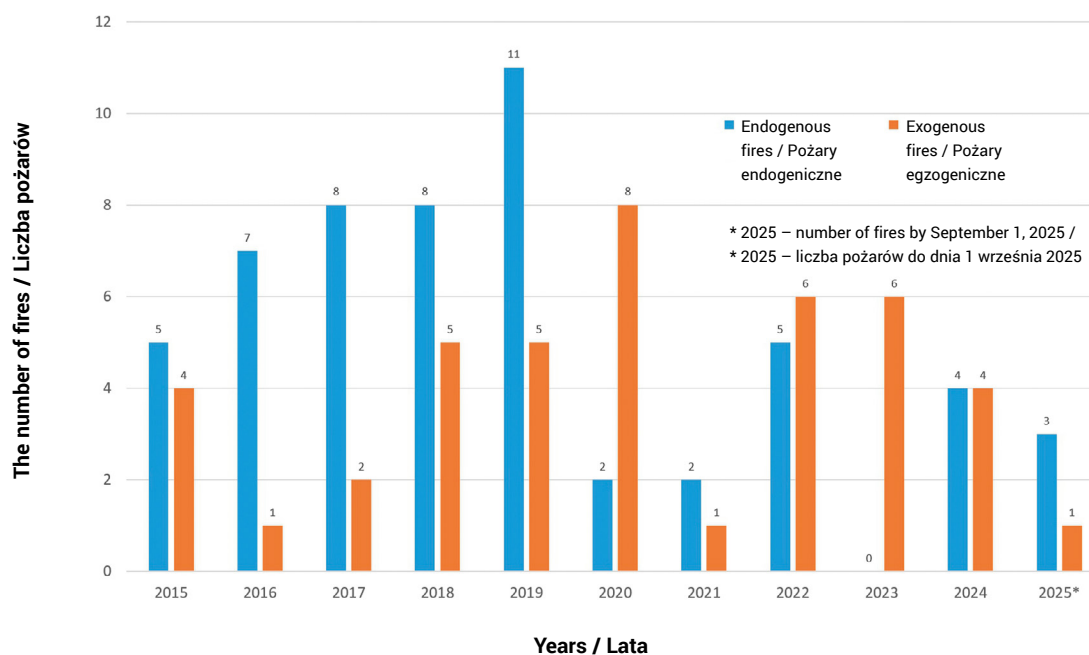


Figure 1. The number of fires in coalmines in 2015–2025

Rycina 1. Liczba pożarów w kopalniach węgla kamiennego w latach 2015–2025

Source: Own elaboration based on [5].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [5].

In mining pits, there may also be a crew withdrawal, which involves the miners moving to a safe place for the duration of the hazard. This most often applies to situations where there is an increased methane hazard in the area of the mining wall, where the methane concentration has exceeded 3% by volume. Mining regulations [8] require the withdrawal of personnel from the hazardous area until the methane concentration in the area falls below 2% by volume. Only then can miners return to their workplaces. The evacuation of mining crews is carried out via escape routes, which consist of a series of mining excavations leading to the assembly point.

Escape routes are designated as part of the Mine Rescue Plan in accordance with the requirements set out in the current Regulation of the Minister of Energy of 23 November 2016 on detailed requirements for the operation of underground mining facilities [8]. The legal basis is §475.2 of this regulation, which obliges the mining facility's traffic manager to designate escape routes, mark them appropriately, and equip them with a system enabling orientation of the direction of retreat in case of poor visibility.

W wyrobiskach górniczych może dochodzić do wycofania załogi, które polega na przemieszczeniu się górników do bezpiecznego miejsca na czas trwania zagrożenia. Dotyczy to najczęściej sytuacji wzrostu zagrożenia metanowego w rejonie wyrobisk ściany eksploatacyjnej, w których doszło do przekroczenia stężenia metanu powyżej 3% objętościowo. Przepisy górnicze [8] nakazują wówczas wycofanie załogi z zagrożonego miejsca do momentu obniżenia stężenia metanu w miejscu jego występowania poniżej 2% objętościowo. Wówczas górnicy mogą wrócić na swoje stanowiska pracy. Ewakuacja załóg górniczych przeprowadzana jest drogami ucieczkowymi, które stanowią następujące po sobie wyrobiska górnicze, prowadzące do miejsca zboru.

Drogi ucieczkowe wyznacza się w ramach Kopalnianego Planu Ratownictwa zgodnie z wymaganiami określonymi w aktualnym rozporządzeniu Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 roku w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych [8]. Podstawą prawną jest §475.2 tego rozporządzenia, który zobowiązuje kierownika ruchu zakładu górniczego do wyznaczania dróg ucieczkowych,

The maximum permissible length of escape routes is determined taking into account the operating time of the respiratory protection measures used in a given mine. The respiratory protection equipment currently used for escape purposes operates on the basis of chemically bound oxygen, completely isolating the user from the unbreathable atmosphere [9–10]. Its continuous operating time is approximately 60 minutes – depending on the individual user and their oxygen requirements. The provisions of mining regulations [8] do not clearly specify the requirements that escape routes should meet, indicating only that when planning exploitation in a specific location of a deposit, attention should be paid to the need to ensure the possibility of safe withdrawal of personnel in the event of a fire and to provide escape routes with a width of not less than 0.7 meters for personnel.

As mentioned earlier, the length of the escape route should be adjusted to the operating time of the respiratory protection equipment used in a given mine. In situations where the evacuation time via the escape route is longer than the protective action time of the escape apparatus, points for changing respiratory protection equipment are located in the excavations constituting the escape route. At these points, evacuating miners exchange their used escape apparatus for new ones and then continue their self-evacuation. In case of long escape routes (several kilometres), it may be necessary to exchange escape apparatus several times. However, these situations are very rare. The escape route is determined so that the evacuation time is as short as possible. All escape routes are equipped with hands-free telephones with alarm signals that provide audio information about the threat and the need for evacuation.

The effectiveness of an escape route depends on many factors, both technical and human [11–14]. Technical factors include:

- geometric parameters of escape route excavations,
- obstacles in excavations (equipment, conveyor belts, pipelines, and accessories),
- direction of retreat – up the slope (upward) or down the slope (downward) of the excavation,
- location of communication devices,
- marking of the escape route,
- escape respiratory protection equipment.

Human factors include [11–14]:

- ability to use escape equipment,
- ability to retreat via escape routes,
- resistance to stress associated with conditions in the mine caused by fire,
- ability to make decisions during crew self-rescue.

In the event of a fire hazard or fire, fire gases, in particular poisonous carbon monoxide and other combustion products, enter the air flowing through the mine workings, which can significantly reduce visibility on escape routes. An analysis of the evacuation of mining crews due to fire hazards (see Fig. 2) in 2015–2024 showed that a total of 5,958 people were withdrawn from endangered workings, of which 5,714 evacuated without the use of escape apparatus, while 244 people used escape apparatus during self-evacuation.

ich odpowiedniego oznakowania oraz wyposażenia w system umożliwiający orientację kierunku wycofywania w przypadku braku widoczności.

Największą dopuszczalną długość dróg ucieczkowych ustala się z uwzględnieniem czasu działania stosowanych w danej kopalni środków ochrony dróg oddechowych. Obecnie używany ucieczkowy sprzęt ochrony układu oddechowego działa w oparciu o tlen chemicznie związany, całkowicie izolując użytkownika od atmosfery niezdanej do oddychania [9–10]. Czas jego ciągłej pracy wynosi ok. 60 minut – zależy jest od indywidualnego użytkownika i jego zapotrzebowania na tlen. Zapisy w przepisach górniczych [8] nie określają jednoznacznie, jakim rygorom powinna odpowiadać droga ucieczkowa, wskazując jedynie na fakt, że przy planowaniu eksploatacji w określonym miejscu złoża należy zwrócić uwagę na konieczność zapewnienia możliwości bezpiecznego wycofania załogi w przypadku powstania pożaru oraz utrzymania na drogach ucieczkowych przejścia dla załogi o szerokości nie mniejszej niż 0,7 metra.

Jak wcześniej wspomniano, długość drogi ucieczkowej powinna być dostosowana do czasu działania ucieczkowego sprzętu ochrony układu oddechowego, stosowanego w danej kopalni. W sytuacji, gdy czas ewakuacji drogą ucieczkową jest dłuższy od ochronnego działania aparatu ucieczkowego, w wyrobiskach stanowiących drogę ucieczkową lokalizuje się punkty wymiany sprzętu ochrony układu oddechowego. W punktach takich ewakuujący się górnicy wymieniają zużyte aparaty ucieczkowe na nowe, po czym kontynuują samoeвакуację. W przypadku długich dróg ucieczkowych (kilka kilometrów) może zająć konieczność kilkukrotnej wymiany aparatów ucieczkowych. Są to jednak sytuacje występujące bardzo rzadko. Droga ucieczkowa ustalana jest tak, aby czas ewakuacji był jak najkrótszy. Na wszystkich drogach ucieczkowych zlokalizowane są telefony łączności głośnomówiącej z sygnalizatorami alarmowymi, informującymi fonicznie o występującym zagrożeniu i konieczności ewakuacji.

Skuteczność drogi ucieczkowej zależy od wielu czynników zarówno technicznych, jak i ludzkich [11–14]. Czynniki technicznymi są:

- parametry geometryczne wyrobisk drogi ucieczkowej,
- przeszkody występujące w wyrobiskach (urządzenia, taśmociągi, rurociągi i osprzęt),
- kierunek wycofania – po wzniosie (w górę) lub upadzie (w dół) wyrobiska,
- rozmieszczenie środków łączności,
- oznakowanie drogi ucieczkowej,
- ucieczkowy sprzęt ochrony układu oddechowego.

Czynniki ludzkie stanowią [11–14]:

- umiejętność użycia aparatu ucieczkowego,
- umiejętność wycofania się drogą ucieczkową,
- odporność na stres związana z warunkami zaistniałymi w wyrobisku na skutek pożaru,
- umiejętność podejmowania decyzji w czasie samoratownia się załogi.

W sytuacji wystąpienia zagrożenia pożarowego lub pożaru do powietrza przepływającego wyrobiskami kopalnianymi docierają gazy pożarowe, w szczególności trujący tlenek węgla oraz inne produkty spalania, które mogą znacznie ograniczać widzialność na

drogach ucieczkowych. Przeprowadzona analiza ewakuacji załóg górniczych na skutek zagrożenia pożarowego (zob. ryc. 2) w latach 2015–2024 wykazała, że łącznie wycofano z zagrożonych wyrobisk 5958 osób, z czego 5714 osób ewakuowało się bez pomocy aparatów ucieczkowych, zaś 244 osoby użyły aparatów ucieczkowych przy samoewakuacji.

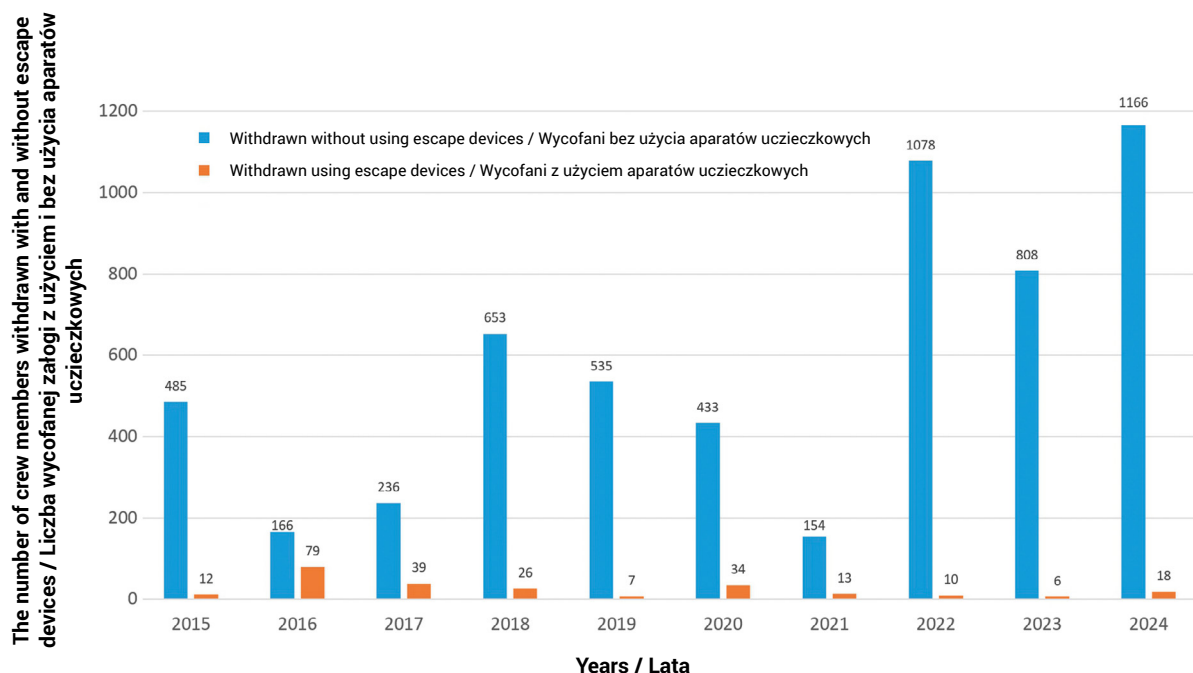


Figure 2. The number of crew members evacuated via escape routes due to fire hazard, with or without the use of escape devices

Rycina 2. Liczba wycofanych załóg drogami ucieczkowymi w związku z zagrożeniem pożarowym z użyciem lub bez użycia aparatów ucieczkowych

Source: Own elaboration based on [5].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [5].

According to descriptions of events posted on the website of the Higher Mining Authority [15], during the developing fire, the pits, which served as escape routes from the endangered area, were often filled with smoke, limiting visibility. Current mining regulations state that “escape routes should be ‘properly marked’ and equipped with a system enabling orientation of the direction of retreat in case of poor visibility” [8]. The regulations do not specify in detail what measures should be used for this purpose. Therefore, mines use a variety of methods to mark escape routes and the direction of crew withdrawal. The most commonly used are metal signs with the name of the excavation and the direction of evacuation via the escape route. Such signage only fulfils its purpose in conditions of good visibility; in the event of smoke, it will not be visible. Total lack of visibility or severely limited visibility means that the evacuating crew can only determine the direction of travel based on sound signals or by touch.

Previous mining regulations [16] from 2002 did not include a provision requiring escape routes to be equipped with “a system enabling orientation of the direction of retreat in case of poor visibility”. Appendix 3 to the Regulation of the Minister of Economy of 12 June 2002 on mine rescue [17] only indicated the method

Jak wynika z opisów zdarzeń zamieszczonych na stronie Wyższego Urzędu Górniczego [15], w czasie rozwijającego się pożaru często dochodziło do zadymienia wyrobisk, stanowiących drogę ucieczkową z zagrożonego rejonu ograniczającego widzialność. Obowiązujące przepisy górnicze mówią, że „drogi ucieczkowe powinny być «odpowiednio oznakowane» oraz wyposażone w system umożliwiający orientację kierunku wycofywania w przypadku braku widoczności” [8]. Przepisy nie wskazują szczegółowo, jakie środki mają być w tym celu użyte. W związku z tym kopalnie stosują różnorodne metody oznakowania dróg ucieczkowych oraz kierunku wycofania załogi. Najczęściej są to tablice metalowe z nazwą wyrobiska i podaniem kierunku ewakuacji drogą ucieczkową. Oznakowanie takie spełnia swoje zadanie jedynie w przypadku dobrej widzialności, natomiast podczas wystąpienia zadymienia nie będzie ono widoczne. Całkowity brak widzialności lub silne jej ograniczenie powoduje, że ewakuująca się załoga może orientować się co do kierunku marszu jedynie na podstawie sygnałów dźwiękowych lub za pomocą dotyku.

W poprzednich przepisach górniczych [16] z 2002 roku nie pojawiał się zapis dotyczący konieczności wyposażenia dróg ucieczkowych „w system umożliwiający orientację kierunku

of evacuating the crew. Point 1.55 of the same appendix states that “when retreating in thick smoke, where visibility is very limited or non-existent, rows of storage devices, power cables, or telephone lines should be used as landmarks. One should walk along the face of the excavation, on the side where there is an intersection with a walkway where there may be air flow from the intake shaft.” However, point 1.56 states that “at the intersection of the excavation(s) with the air flow coming from the intake shaft in a smoke-filled excavation, safeguards made of ropes, boards, or other materials shall be installed so that people retreating in the smoke reach the excavations with the air flow referred to in point 1.55 and do not get lost”.

The above regulations were amended following a collective accident that occurred at the Krupiński mine in Suszec. On 5 May 2011, methane ignited in the mine workings, resulting in an underground fire in which three employees were killed, including two mine rescuers who were helping the victims of the accident. Due to the lack of any system enabling them to determine the direction of retreat in the event of poor visibility, the miners got lost in thick smoke and suffocated as a result of a lack of oxygen in their rescue apparatus [15]. In connection with this incident, the President of the Higher Mining Authority appointed a commission to investigate the causes and circumstances of the methane ignition and the mass accident. One of the committee's conclusions was to amend mining regulations, pointing to the need to install a “system enabling orientation of the direction of retreat in case of poor visibility” on escape routes.

This system was developed and proposed for use in hard coal mines as part of research task No. 12 included in the Strategic Research Project entitled “Improving work safety in mines” financed by the National Centre for Research and Development [13]. The project developed an orientation measure indicating the correct direction of evacuation for the crew, which was called a “lifeline.” It allows the crew to retreat from the air supply and exhaust shafts to/from the mining face even in the event of complete lack of visibility on the escape routes.

Until then, no similar system had been used in underground mines. Signposts in the form of rows of haulage equipment, power or telephone cables, and firefighting or compressed air pipelines were and still are used. Currently, escape routes are marked with metal information boards placed at intersections of excavations (see Fig. 3).

wycofywania w przypadku braku widoczności”. Załącznik nr 3 do rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 12 czerwca 2002 r. w sprawie ratownictwa górniczego [17] wskazywał jedynie na sposób wycofania załogi. Punkt 1.55 tegoż załącznika mówi, że „wycofując się w gęstych dymach, w których widoczność jest bardzo ograniczona lub jej brak, powinny być wykorzystane jako drogowskazy ciągi urządzeń odstawczych, przewody energetyczne lub telefoniczne. Powinno się przechodzić wzdłuż odciosu wyrobiska, po tej jego stronie, po której znajduje się skrzyżowanie z chodnikiem, w którym może być prąd powietrza płynący od strony szybu wdechowego”. Natomiast pkt 1.56 stanowi, że „na skrzyżowaniu wyrobiska (wyrobisk) z prądem powietrza płynącym od strony szybu wdechowego w wyrobisku zadymionym wykonuje się takie zabezpieczenia z lin, desek lub innych materiałów, aby ludzie wycofujący się w dymach trafiali do wyrobisk z prądem powietrza, o którym mowa w pkt 1.55, i nie zabłądzili”.

Powyższe przepisy zostały poddane zmianom po wypadku zbiorowym, do którego doszło w kopalni „Krupiński” w Suszcu. W dniu 5 maja 2011 roku w wyrobiskach górniczych miało miejsce zapalenie metanu, a w jego następstwie pożar podziemny, w czasie którego śmierć poniosło 3 pracowników, w tym 2 ratowników górniczych niosących pomoc poszkodowanym w wypadku. Przez brak jakiegokolwiek systemu umożliwiającego orientację kierunku wycofywania w przypadku braku widoczności górnicy zgubili się w gęstych dymach i udusili się w skutek braku tlenu w aparatach ratowniczych [15]. W związku z tym zdarzeniem Prezes Wyższego Urzędu Górniczego powołał komisję dla zbadania przyczyn i okoliczności zapalenia metanu oraz wypadku zbiorowego. Jednym z wniosków komisji była zmiana przepisów górniczych, która wskazała na konieczność zabudowy na drogach ucieczkowych „systemu umożliwiającego orientację kierunku wycofywania w przypadku braku widoczności”.

System taki został opracowany i zaproponowany do stosowania w kopalniach węgla kamiennego w ramach zadania badawczego nr 12 zawartego w Strategicznym Projekcie Badawczym pt. „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach” finansowanym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju [13]. W projekcie opracowano środek orientacji, wskazujący właściwy kierunek ewakuacji załogi, który nazwano „liną życia”. Umożliwia ona wycofanie się załogi z wyrobisk doprowadzających i odprowadzających powietrze do/z ściany eksploatacyjnej w przypadku nawet całkowitego braku widzialności na drogach ucieczkowych.

Do tego momentu w kopalniach podziemnych nie używano żadnego podobnego systemu. Stosowano i stosuje się nadal drogowskazy w postaci ciągów urządzeń odstawczych, przewodów energetycznych lub telefonicznych i rurociągów przeciwpożarowych lub sprężonego powietrza. Obecnie na drogach ucieczkowych wykorzystuje się oznakowanie w postaci metalowych tablic informacyjnych umieszczonych na skrzyżowaniach wyrobisk (zob. ryc. 3).



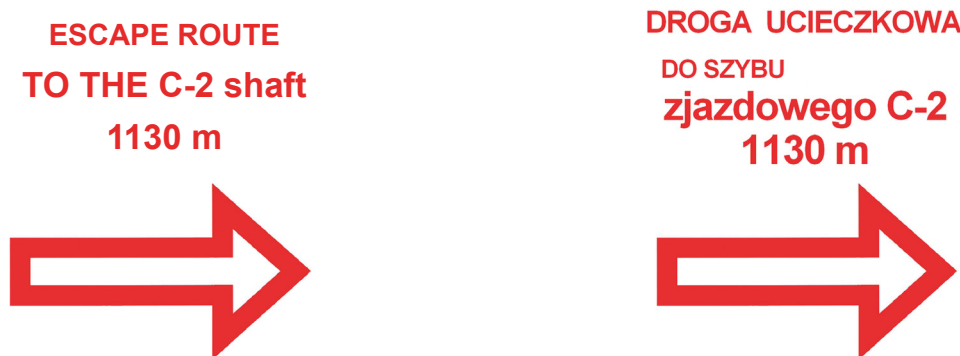
**Figure 3.** An example of escape route signage in a mine  
**Rycina 3.** Przykład oznakowania drogi ucieczkowej w kopalni  
**Source:** Own elaboration.  
**Źródło:** Opracowanie własne.

For five years, two sections of the ROW mine (the Rydułtowy section and the Marcel section) have been using an electronic alarm system based on Jantar-2 telephone signallers [18], which are located in mining excavations at distances of approx. 200 m from each other, connected to the HETMAN/Z system [19] (and previously to the STAR system, which has now been withdrawn). This is a hands-free communication system linked to the mine's dispatch communication system. It works by establishing a voice connection between the mine dispatcher and work stations in the mine workings. Using the system, the dispatcher can issue voice commands to the self-evacuating crew regarding the direction of evacuation or switch the system to automatic mode. In automatic mode, Jantar-2 alarm signals transmit alarm signals sequentially. Each alarm signal generates an individual voice message containing information about the distance to the exit from the gallery with air flow from the wall. The sequence of signals on the signal devices, set during configuration, allows the direction of evacuation to be determined in the event of poor visibility. Miners follow the sound signal and evacuate themselves to the assembly point.

In the copper ore mines of KGHM Polska Miedź S.A., reflective signs are used in the mine workings to indicate the direction of evacuation and the distance to the assembly point.

Od pięciu lat w dwóch ruchach kopalni ROW (ruch Rydułtowy i ruch Marcel) stosuje się elektroniczny system alarmowania oparty na telefono-sygnalizatorach typu Jantar-2 [18], które zlokalizowane są w wyrobiskach górniczych odległościach ok. 200 m względem siebie, włączonych do systemu HETMAN/Z [19], (a wcześniej, wycofanego obecnie, systemu STAR). Jest to system łączności głośnomówiącej, sprzężony z systemem dyspozytorskiej łączności kopalni. Zasada działania bazuje na fonicznym połączeniu dyspozytora kopalni ze stanowiskami pracy w wyrobiskach górniczych. Dyspozytor za pomocą systemu może wydawać samoewakuującą się załodze polecenia głosowe o kierunku ewakuacji lub przełączyć system w tryb automatu. W trybie automatycznym sygnalizatory alarmowe Jantar-2 nadają sygnały alarmowe sekwencyjnie. Każdy sygnalizator generuje indywidualny komunikat słowny, zawierający informację o odległości do wyjścia z chodnika z odprowadzonym prądem powietrza ze ściany. Ustalona w czasie konfiguracji kolejność nadawania sygnałów na sygnalizatorach umożliwi określenie kierunku ewakuacji w przypadku braku widzialności. Górnicy, podążając za sygnałem akustycznym, samoewakuują się do miejsca zboru.

W kopalniach rud miedzi KGHM Polska Miedź S.A. stosuje się w wyrobiskach górniczych tablice odbłaskowe wskazujące kierunek ewakuacji oraz odległość do miejsca zboru.

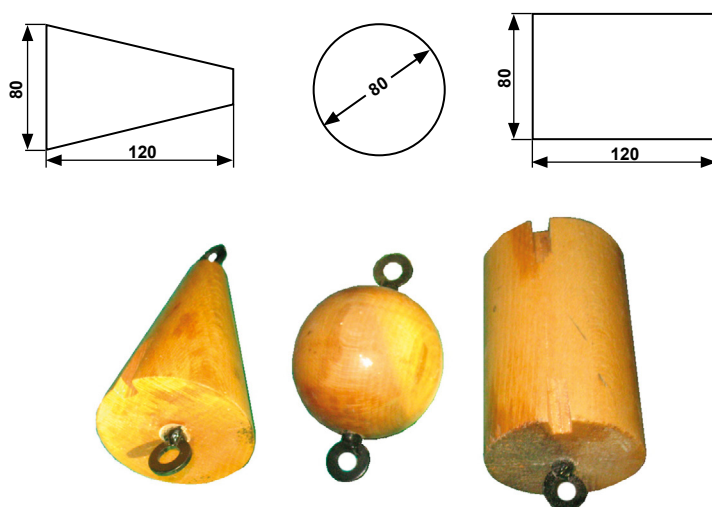


**Figure 4.** An example of escape route signage in a mine KGHM S.A.  
**Rycina 4.** Przykład oznakowania drogi ucieczkowej w kopalni KGHM S.A.  
**Source:** Own elaboration based on [20].  
**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie [20].

## Lifeline, construction, and method of use

The lifeline is known in Anglo-Saxon literature as an aid to the evacuation of miners in mines where there was a fire hazard. However, the available literature does not provide a detailed description of its construction, but only mentions its use.

In order for a given measure to be easy to use, its design should be very simple and allow for easy memorization of the markings of individual elements. Three components are proposed for use in lifelines: a cone, a ball, and a roller (see Fig. 5). All markers have a wheel base diameter of 80 mm. The length of the roller and cone is 120 mm.



**Figure 5.** Markers for the lifeline  
**Rycina 5.** Znaczniki do liny życia

**Source:** Own elaboration based on [13].

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie [13].

The cone is an element indicating the direction of evacuation along the excavation. It refers to the direction marking in the form of an arrow. In this case, the cone acts as the tip of an arrow indicating the direction of evacuation.

The ball requires increased attention. After it appears, the evacuating miner should pay particular attention. There may be obstacles on the evacuation route (e.g. the need to cross a bridge over a flooded area, the need to cross to the other side of the excavation, crossing an intersection).

The roller signals the need to pass through the intersection of excavations along the longitudinal axis of the roller without contact with the lifeline.

In addition, three combinations of lifeline elements indicating obstacles were proposed. If it is necessary to cross to the other side of the excavation, perpendicular to its axis, it was proposed to connect two cones at their tops and precede them with a ball in order to draw attention to the markings further ahead (see Fig. 6). In this case, you should turn your back to the lifeline and cross perpendicularly to the axis of the excavation to the other side.

## Lina życia, budowa oraz sposób wykorzystania

Lina życia jest znana z literatury anglosaskiej jako element wspomagający ewakuację górników w kopalniach, w których występowało zagrożenie pożarowe. W dostępnej literaturze nie ma jednak szczegółowego opisu jej budowy, a jedynie wzmianki o jej stosowaniu.

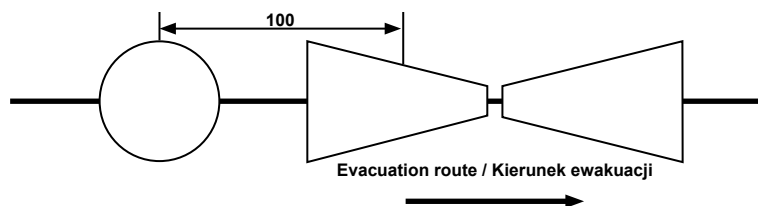
Aby dany środek był łatwy w użyciu, jego budowa powinna być bardzo prosta i pozwalać na łatwe zapamiętanie oznaczeń poszczególnych elementów. W linie życia zaproponowano zastosowanie trzech elementów składowych: stożka, kuli oraz walca (zob. ryc. 5). Wszystkie znaczniki mają średnicę podstawy koła wynoszącą 80 mm. Długość walca i stożka wynosi 120 mm.

Stożek jest elementem wskazującym kierunek ewakuacji wzdłuż wyrobiska. Jest to nawiązanie do oznakowania kierunku w postaci strzałki. Stożek pełni w tym przypadku rolę grota strzałki wskazującej kierunek ewakuacji.

Kula nakazuje wzmoczenie uwagi. Po jej pojawieniu się ewakuujący się górnik powinien wzmoczyć szczególną uwagę. Na drodze ewakuacji mogą wystąpić utrudnienia (np. konieczność przejścia pomostem nad zalewiskiem, konieczność przejścia na drugą stronę wyrobiska, przejście przez skrzyżowanie).

Walec sygnalizuje konieczność przejścia przez napotkane skrzyżowanie wyrobisk wzdłuż podłużnej osi walca bez kontaktu z liną życia.

Dodatkowo zaproponowano trzy kombinacje elementów liny życia wskazujących na występujące utrudnienia. W przypadku konieczności przejścia na drugą stronę wyrobiska, prostopadle do jego osi, zaproponowano połączenie dwóch stożków wierzchołkami oraz poprzedzenie ich kulą, w celu zwiększenia uwagi na dalej występujące oznakowanie (zob. ryc. 6.). W tym przypadku należy odwrócić się do liny życia plecami i przejść prostopadle do osi wyrobiska na drugą jego stronę.



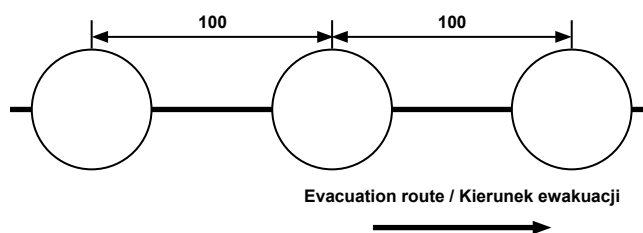
**Figure 6.** Crossing to the other side of the excavation  
**Rycina 6.** Przejście na drugą stronę wyrobiska

**Source:** Own elaboration based on [13].

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie [13].

In order to make evacuating miners particularly vigilant, it was proposed to multiply successive balls, which would indicate the appearance of obstacles such as a low-hanging suspended cableway, periodic flooding, unevenness on the bottom surface of the excavation, etc. (see Fig. 7).

Aby wzbudzić w ewakuującym się górnika szczególną czujność, zaproponowano zwielokrotnienie następujących po sobie kul, co ma oznaczać pojawienie się utrudnienia w postaci np. nisko zawieszony kolejki podwieszanej, okresowo występującego zalewiska, nierówności na dolnej powierzchni wyrobiska itp. (zob. ryc. 7.).



**Figure 7.** ATTENTION: obstruction  
**Rycina 7.** UWAGA: utrudnienie

**Source:** Own elaboration based on [13].

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie [13].

The signalling elements of the lifeline should be attached to a steel cable with a diameter of 5–6 mm suspended on one of the walls of the excavation at a height of 110–120 cm from the bottom surface of the excavation. This height was adopted in accordance with the provisions of the Regulation of the Minister of Infrastructure of 12 April 2002 on the technical conditions to be met by buildings and their location [21]. The legal basis is §298, concerning the height of railings on stairs or ramps. Employees evacuating via an escape route along a lifeline should move their hand along it in order to read the successive markers by touch.

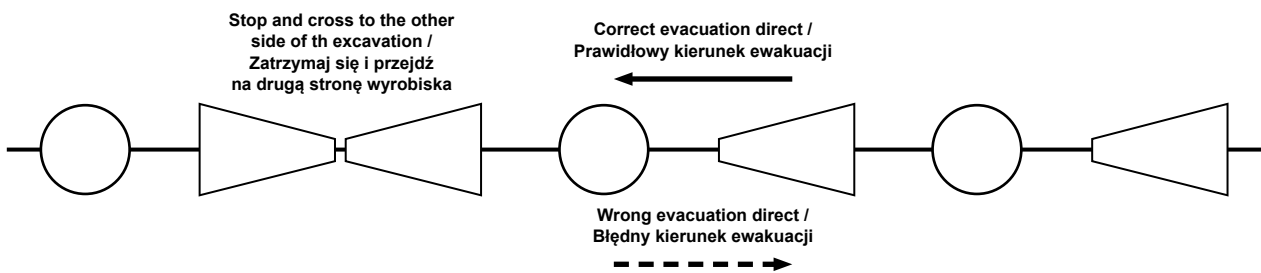
It has been proposed that the distance between signs indicating the direction of evacuation on straight sections of excavations should be approximately 5 meters. When approaching markers signalling the need to change the direction of evacuation, the signs on the lifeline should be spaced closer together, first to 2 meters and then to 1 meter.

In case the retreating miner does not notice the combination of markers indicating the need to cross to the other side of the excavation and continues walking, markers indicating the wrong direction of travel in the form of a ball and a cone pointing in the opposite direction should be attached to the next 2–3 meters of the lifeline behind the installed combination of markers (see Fig. 8).

Elementy sygnalizacyjne liny życia powinny być zamocowane na linie stalowej o średnicy 5–6 mm podwieszanej na jednym z ociosów wyrobiska na wysokości 110–120 cm od dolnej powierzchni wyrobiska. Wysokość tę przyjęto zgodnie z zapisami rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [21]. Podstawą prawną jest §298, dotyczący wysokości montażu balustrad przy schodach lub pochylniach. Pracownicy ewakuujący się drogą ucieczkową wzdłuż liny życia powinni przesuwając po niej rękę w celu odczytywania poprzez dotyk następujących po sobie znaczników.

Zaproponowano, aby odległość wskaźników oznaczających kierunek ewakuacji na prostych odcinkach wyrobisk wynosiła ok. 5 metrów. Przy zbliżaniu się do znaczników sygnalizujących konieczność zmiany kierunku ewakuacji wskaźniki na linie życia powinny być zagęszczone do 2 m, a następnie do 1 metra.

Na wypadek gdyby wycofujący się górnik nie zauważył kombinacji znaczników informujących o konieczności przejścia na drugą stronę wyrobiska i poszedł dalej, na następnych 2–3 metrach liny życia za zamontowaną kombinacją znaczników powinny być zamocowane znaczniki informujące o złym kierunku marszu w postaci kuli i stożka skierowanego w przeciwnym kierunku (zob. ryc. 8.).



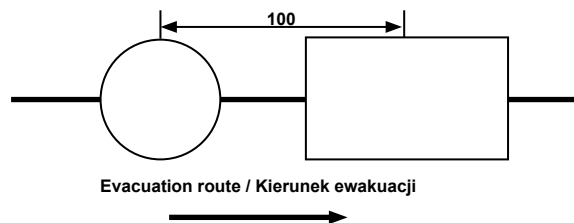
**Figure 8.** A lifeline with markers indicating the need to cross to the other side of the excavation and information about the wrong evacuation direction  
**Rycina 8.** Lina życia ze znacznikami wskazującymi na konieczność przejścia na drugą stronę wyrobiska oraz informacją o złym kierunku ewakuacji

Source: Own elaboration based on [13].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [13].

The third element used is a roller indicating the need to pass through the intersection of excavations along the longitudinal axis of the roller without direct contact with the lifeline. A combination of this situation is a ball and a roller 1 m apart (see Fig. 9).

Trzecim wykorzystywanym elementem jest walec wskazujący na konieczność przejścia przez napotkane skrzyżowanie wyrobisk wzdłuż podłużnej osi walca bez bezpośredniego kontaktu z liną życia. Kombinacją takiej sytuacji jest kula i walec w odległości 1 m od siebie (zob. ryc. 9).



**Figure 9.** Passing through the intersection of excavations ahead  
**Rycina 9.** Przejście przez napotkane skrzyżowanie wyrobisk na wprost

Source: Own elaboration based on [13].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [13].

An example of an escape route section with a built-in lifeline is shown in Figure 10. The figure shows the direction of evacuation via the escape route through a horizontal excavation from the left side. Miners evacuating through the excavation in a completely smoke-filled environment encounter the lifeline on the left side of the excavation. They follow the rope until they encounter two cones indicating the need to cross to the other side of the excavation and continue along the lifeline on the right side of the excavation. They encounter dense indicators and a ball with a roller informing them of the need to cross the intersection. The maximum length of the route without contact with the lifeline depends on the width of the excavation and can be approximately 6 meters. After crossing the intersection, they regain contact with the lifeline indicating the further direction of evacuation to the right along the left face of the excavation. After passing a certain section of the excavation, the miners encounter another combination of indicators informing them of the need to cross to the other side of the excavation and continue along the right face of the excavation until they encounter uncontaminated air.

The direction of evacuation via escape routes is specified in the Mine Rescue Plan and the technical design for the mining workings of each mining face.

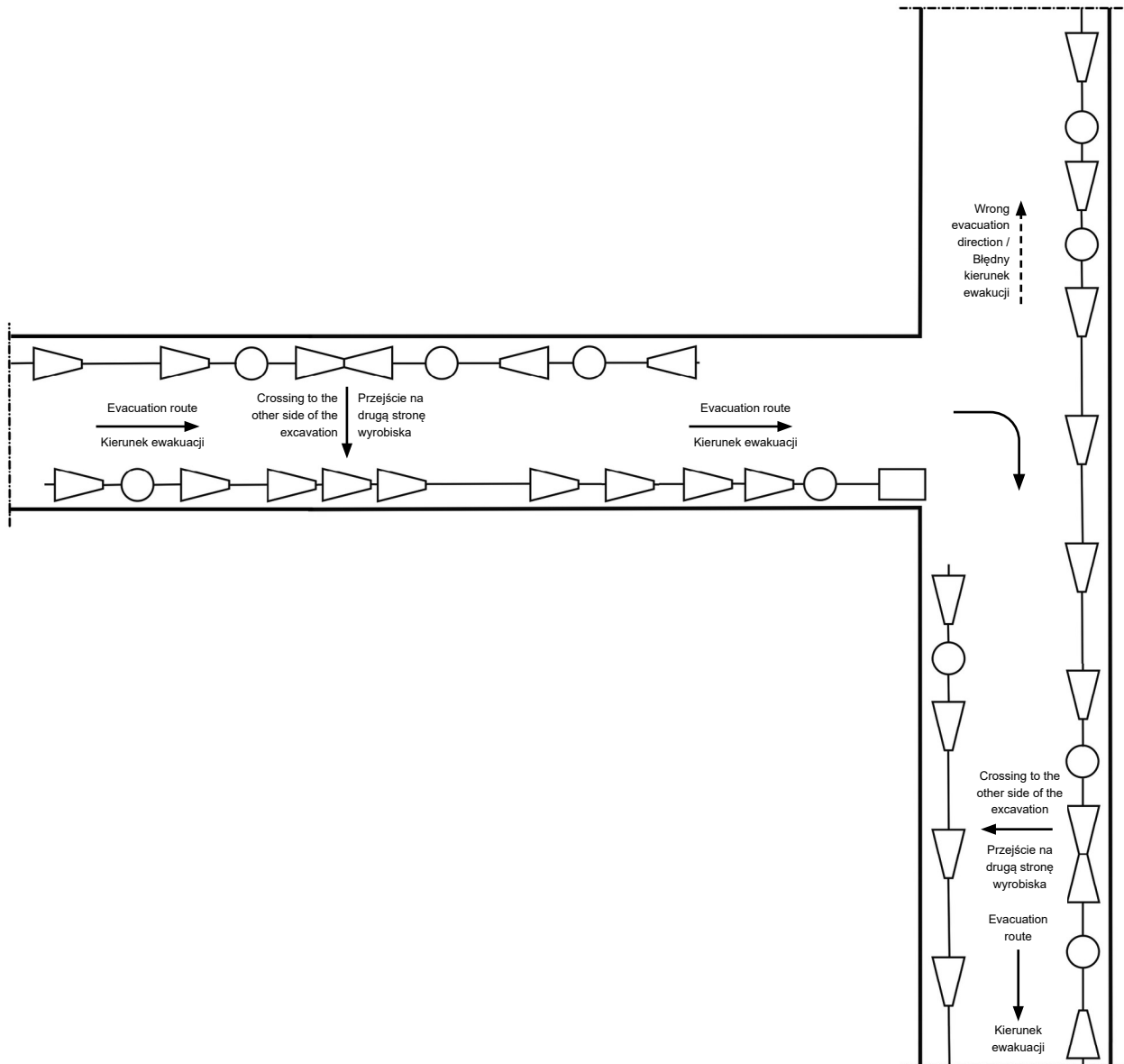
Przykład wycinka drogi ucieczkowej z zabudowaną liną życia przedstawiono na rycinie 10. Rysunek przedstawia kierunek ewakuacji drogą ucieczkową wyrobiskiem poziomym od lewej strony. Górnicy ewakuujący się wyrobiskiem w pełnym zadymieniu napotykać na linę życia na lewym ociosie wyrobiska. Podążają wzdłuż liny do momentu napotkania dwóch stożków wskazujących na konieczność przejścia na drugą stronę wyrobiska i dalej wzdłuż liny życia na prawym ociosie wyrobiska. Napotykać zagęszczone wskaźniki oraz kulę z walcem informujące o konieczności przejścia przez skrzyżowanie. Maksymalna długość drogi bez kontaktu z liną życia jest uzależniona od szerokości wyrobiska i może wynieść ok. 6 metrów. Po przejściu przez skrzyżowanie odzyskują kontakt z liną życia wskazującą dalszy kierunek ewakuacji w prawo po lewym ociosie wyrobiska. Po przejściu pewnego odcinka wyrobiska górnicy napotykać kolejną kombinację wskaźników, informujących o konieczności przejścia na drugą stronę wyrobiska i dalej wzdłuż prawego ociosu wyrobiska do napotkania niezadymionego prądu powietrza.

Kierunek ewakuacji drogą ucieczkową jest ustalony w Kopalnianym Planie Ratownictwa oraz projekcie technicznym dla wyrobisk górniczych każdej ściany eksploatacyjnej.

Kierunek ewakuacji musi być jednoznaczny, ustalony do punktu zboru, czyli miejsca, w którym załoga dochodzi do niezadymionego

The evacuation route must be clear and defined up to the assembly point, i.e., the place where the crew reaches uncontaminated air. The crew then evacuates to the transport shaft, which allows them to reach the surface. In case of escape routes, there must be no ambiguity as to the direction of evacuation. The crew evacuates via the escape route in one direction only. If the wrong direction of evacuation is chosen by mistake, the lifeline installed in such a work area must indicate the need to change the direction of evacuation.

prądu powietrza. Dalej załoga ewakuuje się na podszybie szybu transportowego, umożliwiającemu wyjazd na powierzchnię. W przypadku dróg ucieczkowych nie może zajść sytuacja niejednoznaczności kierunku ewakuacji. Załoga ewakuuje się drogą ucieczkową tylko w jednym kierunku. W przypadku omyłkowego wyboru błędnego kierunku ewakuacji linia życia zamontowana w takim wyrobisku musi wskazać konieczność zmiany kierunku ewakuacji.



**Figure 10.** An example of using a lifeline on an escape route  
**Rycina 10.** Przykład zastosowania linii życia na drodze ucieczkowej  
**Source:** Own elaboration based on [13].  
**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie [13].

The photo (see Fig. 11) shows a lifeline installed in a mining excavation where, during evacuation. It is necessary to cross two excavations straight ahead, along the axis of the roller, and continue evacuation after contacting the lifeline installed on the other side of the intersection, indicating the direction of evacuation to the right.

Zdjęcie (zob. ryc. 11.) przedstawia linię życia zabudowaną w wyrobisku górniczym, w którym w czasie ewakuacji następuje konieczność przejścia przez skrzyżowanie dwóch wyrobisk na wprost, wzdłuż osi walca i dalszą ewakuację po kontakcie z linią życia zamontowaną po drugiej stronie skrzyżowania wskazującą kierunek ewakuacji w prawo.



**Figure 11.** A system of indicators requiring the crossing of two excavations  
**Rycina 11.** Układ wskaźników nakazujący przejście przez skrzyżowanie dwóch wyrobisk  
**Source:** Own elaboration based on [13].  
**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie [13].

## Research on the suitability of lifelines in mining excavations

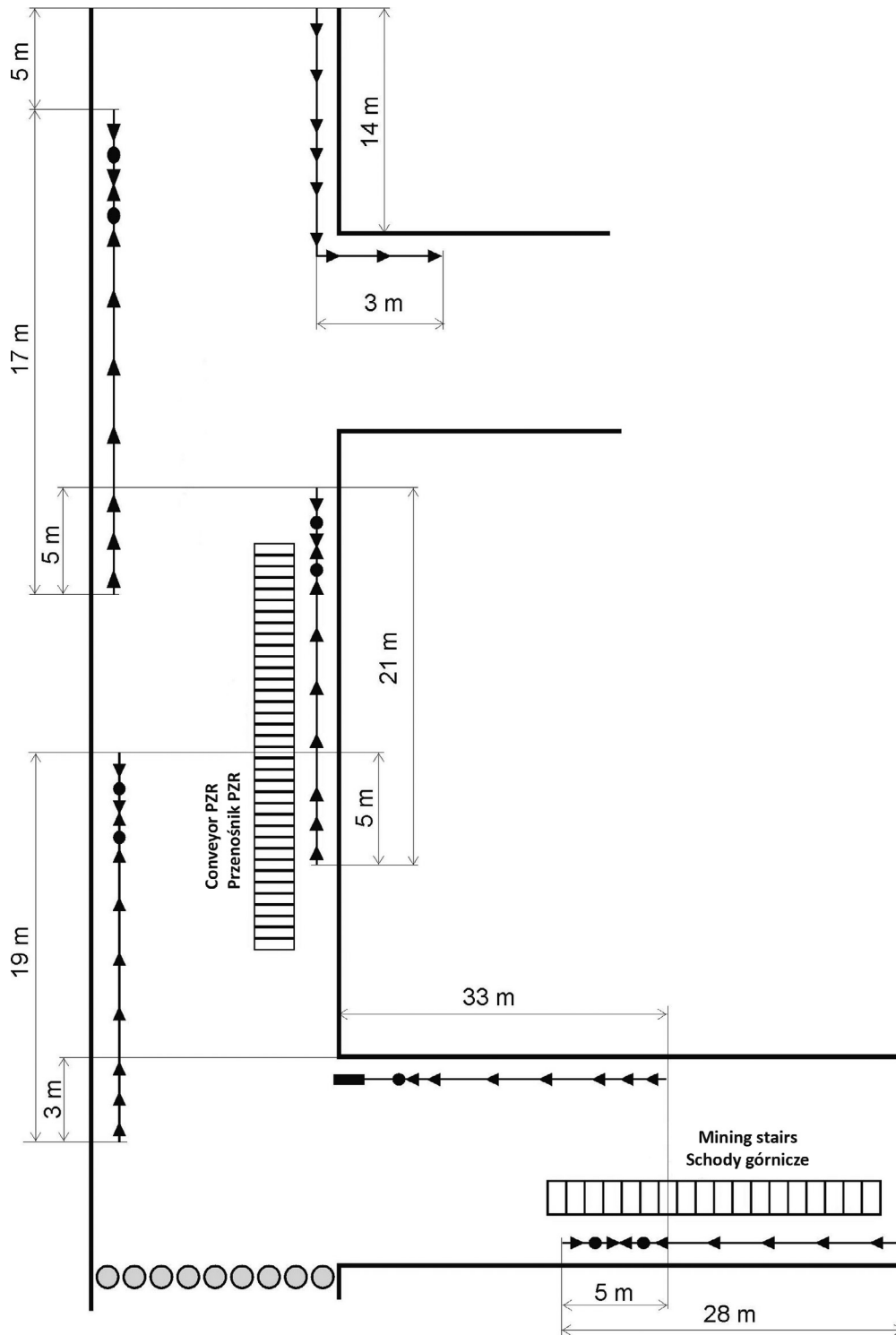
Research enabling the assessment of evacuation times for miners using a lifeline was conducted in one of the hard coal mines in two different mining excavations. Measurements of the time taken for the crew to pass through the excavations with a lifeline installed were carried out in simulated conditions of complete smoke-filled conditions. The persons undergoing the measurement of passage time were equipped with special glasses that completely restricted their visibility. In the first stage of the study, the total length of the escape route was 100 m, and the downward slope of the excavation was  $10^\circ$ . In the first stage of the study, the research group consisted of 22 miners employed at the mine. The average time to traverse the excavation using the lifeline was 4 min. 53 s, which translated into an average evacuation speed of 22.0 m/min. The minimum speed was 13.4 m/min, while the maximum speed was 34.7 m/min.

In the second stage of the research, the lifeline was located in two excavations connected at an angle of approximately  $90^\circ$ . Figure 12 shows the installation of the lifeline on the escape route. A 135 m long rope was used for a distance of 110 meters. The research group consisted of 10 people, including 5 mine rescuers from the mine and 5 employees from the Institute of Mining at the Silesian University of Technology in Gliwice. Attempts to cross the escape route were made twice. The results of the measurements are summarized in Table 1. It should be noted that all participants took part in the study for the first time and were unfamiliar with crossing the route using a lifeline. Each person was secured by mine rescuers during their descent without any assistance from them. The rescuers securing the study participants during their descent also measured the time it took to descend the escape route along the lifeline.

## Badania przydatności liny życia w wyrobiskach górniczych

Badania umożliwiające ocenę czasów ewakuacji górników z wykorzystaniem liny życia zostały przeprowadzone w jednej z kopalń węgla kamiennego w dwóch różnych wyrobiskach górniczych. Pomiarów czasów przejścia załogi przez wyrobiska z zabudowaną liną życia zostały przeprowadzone w symulowanych warunkach całkowitego zadymienia. Osoby poddane pomiarowi czasu przejścia zostały wyposażone w specjalne okulary całkowicie ograniczające widzialność. W pierwszym etapie badań łączna długość drogi ewakuacyjnej wynosiła 100 m, zaś nachylenie wyrobiska w dół –  $10^\circ$ . W pierwszym etapie badań grupę badawczą stanowiło 22 górników zatrudnionych w kopalni. Średni czas przejścia wyrobiska z wykorzystaniem liny życia wyniósł 4 min. 53 s, co przełożyło się na średnią prędkość ewakuacji wynoszącą 22,0 m/min. Prędkość minimalna wyniosła 13,4 m/min, zaś maksymalna – 34,7 m/min.

W drugim etapie badań lina życia była zlokalizowana w dwóch wyrobiskach połączonych ze sobą pod kątem ok.  $90^\circ$ . Rycina 12. przedstawia zabudowę liny życia na drodze ucieczkowej. Użyto liny o długości 135 m, na dystansie przejścia mierzącym 110 metrów. Grupę badawczą stanowiło 10 osób, w tym 5 ratowników górniczych z kopalni oraz 5 pracowników z Instytutu Eksploatacji Złóż Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Próby przejścia drogą ucieczkową przeprowadzono dwukrotnie. Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 1. Należy nadmienić, że wszystkie osoby uczestniczyły w badaniach po raz pierwszy, nie znając drogi przejścia z wykorzystaniem liny życia. Każda osoba w czasie swojego przejścia była asekurowana przez ratowników górniczych bez jakiegokolwiek pomocy z ich strony. Ratownicy asekurowujący uczestników badania w czasie ich przejścia dokonywali także pomiaru czasu przejścia drogi ucieczkowej wzdłuż liny życia.



**Figure 12.** Placement of lifelines in mining excavations in the second stage of research  
**Rycina 12.** Rozmieszczenie liny życia w wyrobiskach górniczych w drugim etapie badań

Source: Own elaboration based on [13].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [13].

**Table 1.** Transition times and escape route speeds with a lifeline for stage II of the study  
**Tabela 1.** Czasy oraz prędkości przejścia drogi ucieczkowej z linią życia dla II etapu badań

No. / Lp.	Employee numer / Numer pracownika	Attempt no. 1 / Próba nr 1		Attempt no. 2 / Próba nr 2	
		Transit time / Czas przejścia [min:sek]	Transit speed / Prędkość przejścia m/min]	Transit time / Czas przejścia [min:sek]	Transit speed / Prędkość przejścia [m/min]
1.	Employee 1 / Pracownik 1	5:29	18.2	3:45	26.7
2.	Employee 2 / Pracownik 2	2:48	35.7	2:13	43.8
3.	Employee 3 / Pracownik 3	4:45	21.1	2:53	34.7
4.	Employee 4 / Pracownik 4	4:16	23.4	2:55	34.3
5.	Employee 5 / Pracownik 5	7:53	12.7	3:45	26.7
6.	Lifeguard 1 / Ratownik nr 1	2:58	33.7	2:56	34.1
7.	Lifeguard 2 / Ratownik nr 2	3:04	32.6	2:02	49.2
8.	Lifeguard 3 / Ratownik nr 3	2:53	34.7	2:42	37.0
9.	Lifeguard 4 / Ratownik nr 4	2:38	38.0	2:12	45.5
10.	Lifeguard 5 / Ratownik nr 5	2:17	43.8	2:11	45.8
Average transition time / Średni czas przejścia		3:54		2:45	
Shortest transit time / Najkrótszy czas przejścia		2:17		2:02	
Longest transit time / Najdłuższy czas przejścia		7:53		3:45	
Average speed / Średnia prędkość			29.4		37.8
Minimum speed / Minimalna prędkość			12.7		26.7
Maximum speed / Maksymalna prędkość			43.8		49.2

Source: Own elaboration based on [13].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [13].

Employees of the Silesian University of Technology achieved significantly lower speeds than mine rescuers in the first passage. Their passage speeds ranged from 12.7 m/min to 35.7 m/min, while mine rescuers moved at speeds ranging from 32.6 m/min to 43.8 m/min. The average walking speed calculated for all study participants was 29.4 m/min. The lower walking speed of Silesian University of Technology employees was related to their limited ability to move around in mining excavations.

The speeds achieved by each participant during the second run were higher than during the first run. The results achieved by the employees of the Silesian University of Technology were close to the speeds achieved by mine rescuers. The walking speeds for the group of employees of the Silesian University of Technology ranged from 26.7 m/min to 43.8 m/min, while those of the rescuers ranged from 34.1 m/min to 49.2 m/min. The average speed calculated on the basis of the individual speeds of all participants in the study was 37.8 m/min.

Pracownicy Politechniki Śląskiej w pierwszym przejściu osiągnęli znacznie mniejsze prędkości niż ratownicy kopalni. Ich prędkości przejścia zawierały się w granicach od 12,7 m/min do 35,7 m/min, podczas gdy ratownicy górniczy poruszali się z prędkościami od 32,6 m/min do 43,8 m/min. Średnia prędkość przejścia, obliczona dla wszystkich uczestników badań, wyniosła 29,4 m/min. Mniejsza prędkość przejścia pracowników Politechniki Śląskiej była związana z ograniczonymi umiejętnościami poruszania się w wyrobiskach górniczych.

Prędkości osiągnięte przez każdego z uczestników w trakcie drugiego przejścia były większe niż podczas pierwszego. Wyniki pracowników Politechniki Śląskiej zbliżyły się do prędkości uzyskanych przez ratowników górniczych. Prędkości przejścia dla grupy pracowników Politechniki Śląskiej zawierały się w granicach od 26,7 m/min do 43,8 m/min., natomiast ratowników – w przedziale od 34,1 m/min do 49,2 m/min. Średnia prędkość obliczona na podstawie indywidualnych prędkości wszystkich uczestników badań wyniosła 37,8 m/min.

The significant increase in the speed of passage of the experiment participants indicates that knowledge of the escape route has a major impact on the pace of evacuation. This is a very important observation, indicating that people who know the escape route from the mining area where their workplace is located should retreat at a faster speed than those who do not know the escape route when using a lifeline and in conditions of poor visibility. Higher evacuation speed enables faster arrival at the evacuation site and improves the safety of miners in the event of a fire hazard. In accordance with mining regulations [8], every six months miners undergo training in evacuation from their workstation to an assembly point located in a work area with safe, smoke-free airflow, using available elements indicating the direction of evacuation in simulated limited visibility. The mining crew employed in the mining face for the duration of the work always returns after their shift by the same route towards the transport shaft. Therefore, it can be assumed that they are familiar with the escape route from the mining area where their workplace is located. In such a case, the evacuation speed of the crew will certainly be higher than if the crew did not know the escape route. To date, no studies have been conducted on the speed at which miners move when they are unfamiliar with the escape route. However, as shown in the tests cited (see Table 1), the average speed of the second passage through the escape route for all study participants increased by approximately 30% compared to the first passage. In a situation where miners have to use the escape route on a daily basis, they are well aware of the evacuation direction and any obstacles on the escape route, and the use of a lifeline will undoubtedly speed up the evacuation process.

### Implementation of lifelines at the mines of Jastrzębska Spółka Węglowa S.A.

In 2019, in order to improve safety during the evacuation of miners via escape routes in situations where the workings are filled with smoke and visibility is limited, several mines belonging to Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. began implementing safety measures in their underground workings in the form of a lifeline. The first mine to introduce this solution was the Pniówek mine, where a simple version of the rope was used – cones indicating the direction of evacuation were attached to a steel cable at intervals of 20 m. The cable was suspended at a height of 1.2–1.5 m on the face of the excavations, through which air is extracted from the longwall excavations. In the event of a fire in the area of the mining wall, this excavation removes air and combustion products from the wall area. Since the implementation of the lifeline, approximately 25 mining walls have been secured with it.

Other mines – Borynia-Zofiówka-Bzie, Zofiówka section, and Bzie section – introduced a lifeline using three markers attached to a steel cable at a height of 1.2–1.5 m: cones indicating the direction of evacuation, rollers indicating the continuity of the lifeline, and crosses indicating the arrival at a crossroads in the excavation where there is a flow of smoke-free air. The first wall

Znaczny wzrost prędkości przejścia uczestników eksperymentu wskazuje na duży wpływ znajomości drogi ucieczkowej na tempo ewakuacji. Jest to bardzo istotne spostrzeżenie wskazujące, że osoby znające drogę ucieczkową z rejonu wyrobisk górniczych, w którym zlokalizowane jest ich stanowisko pracy, w czasie wykorzystania liny życia i przy braku widzialności, powinny wycofywać się z większą prędkością niż osoby, które nie znają drogi ewakuacji. Większa prędkość ewakuacji umożliwia szybsze dotarcie do miejsca ewakuacji i poprawę bezpieczeństwa górników w sytuacji zagrożenia pożarowego. Zgodnie z przepisami górniczymi [8] co pół roku górnicy odbywają przeszkolenie w zakresie ewakuacji ze swojego stanowiska pracy do punktu zbornego, zlokalizowanego w wyrobisku z bezpiecznym, niezadymionym prądem powietrza, wykorzystując w tym celu dostępne elementy wskazujące kierunek ewakuacji w symulowanej ograniczonej widzialności. Załoga górnicza zatrudniona w ścianie eksploatacyjnej na czas prowadzenia w niej robót, wraca po swojej zmianie zawsze tą samą drogą w kierunku szybu transportowego. Można więc przyjąć, że znana jest im droga ucieczkowa z rejonu wyrobisk górniczych, w którym zlokalizowane jest ich stanowisko pracy. Prędkość ewakuacji załogi w takim przypadku będzie na pewno większa w stosunku do sytuacji, gdy załoga nie znałaby drogi ucieczkowej. Dotychczas nie były przeprowadzone badań prędkości poruszania się górników przy braku znajomości drogi ewakuacyjnej. Jak wynika jednak z przywołanych testów (zob. tab. 1.) średnia prędkość drugiego przejścia drogą ucieczkową wszystkich uczestników badania wzrosła o ok. 30% w stosunku do pierwszego przejścia. W sytuacji konieczności codziennego przejścia przez górników drogą ucieczkową, kierunek ewakuacji i występujące na drodze ucieczkowej utrudnienia są im dobrze znane, a zastosowanie dodatkowo liny życia niewątpliwie przyspieszy prędkość ewakuacji.

### Wdrożenie liny życia na kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A.

W 2019 roku, w celu poprawy bezpieczeństwa w czasie ewakuacji górników drogami ucieczkowymi w sytuacji zadymienia wyrobisk i ograniczenia w nich widzialności, kilka kopalń Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. rozpoczęło wdrażanie w swoich wyrobiskach podziemnych zabezpieczenia w postaci liny życia. Pierwszą kopalnią, która wprowadziła to rozwiązanie, była kopalnia Pniówek, przy czym zastosowano w niej prostą wersję liny – na stalowej linie zamocowano jedynie w odległościach co 20 m stożki wskazujące kierunek ewakuacji. Linkę zawieszono na wysokości 1,2–1,5 m na ociosie wyrobisk, którymi powietrze odprowadzane jest z wyrobisk ścianowych. W przypadku wystąpienia pożaru w rejonie ściany eksploatacyjnej wyrobisko to odprowadza powietrze wraz z produktami spalania z rejonu ściany. Od momentu wdrożenia liny życia zostało nią dotychczas zabezpieczonych ok. 25 ścian eksploatacyjnych.

Kolejne kopalnie – Borynia-Zofiówka-Bzie i Zofiówka oraz Bzie – wprowadziły linę życia, wykorzystując trzy znaczniki zamocowane na linie stalowej na wysokości 1,2–1,5 m: stożki wskazujące kierunek ewakuacji, walce wskazujące ciągłość liny życia oraz krzyże informujące o dojściu do skrzyżowania

to be secured with a lifeline was the one that began operating in 2019. Since then, all wall areas have been equipped with lifelines (28 walls). The indicators attached to the lifeline used in the Borynia-Zofiówka-Bzie mine, Zofiówka section and Bzie section, are shown in Figure 13.

wyrobiska, w którym płynie niezadymiony strumień powietrza. Jako pierwszą zabezpieczono linię życia ścianę, której eksploatacja rozpoczęła się w 2019 r. Od tego momentu wszystkie rejonory ścian zostały wyposażone w linię życia (28 ścian). Wskaźniki mocowane na linię życia wykorzystywane w kopalni Borynia-Zofiówka-Bzie ruch Zofiówka oraz ruch Bzie przedstawia rycina 13.



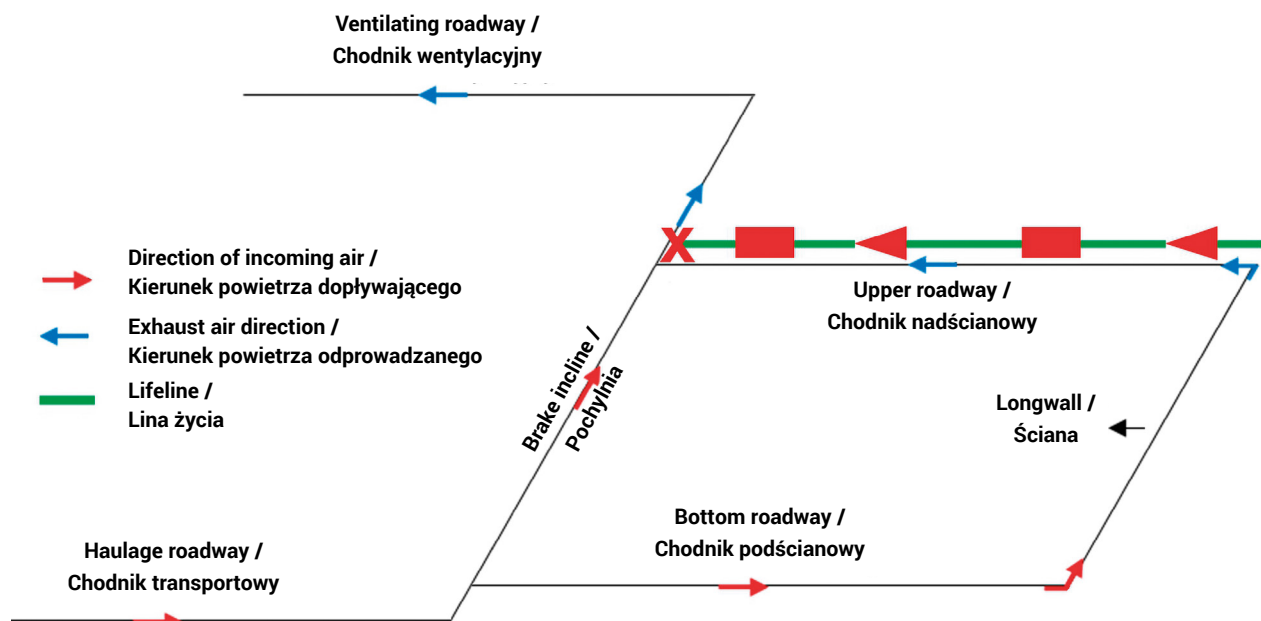
**Figure 13.** Indicators used in the Borynia-Zofiówka-Bzie coalmine, Zofiówka and Bzie movement  
**Rycina 13.** Wskaźniki stosowane w kopalni Borynia-Zofiówka-Bzie ruch Zofiówka oraz ruch Bzie

**Source:** Own elaboration based on [22].

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie [22].

The method of installing lifelines in the walls of the Borynia-Zofiówka-Bzie mine, Zofiówka section and Bzie section, is shown in Figures 14 and 15. Figure 14 shows the installation of lifelines in walls ventilated using the “U” method from the field, while Figure 15 shows the installation of lifelines in walls ventilated using the “Y” method.

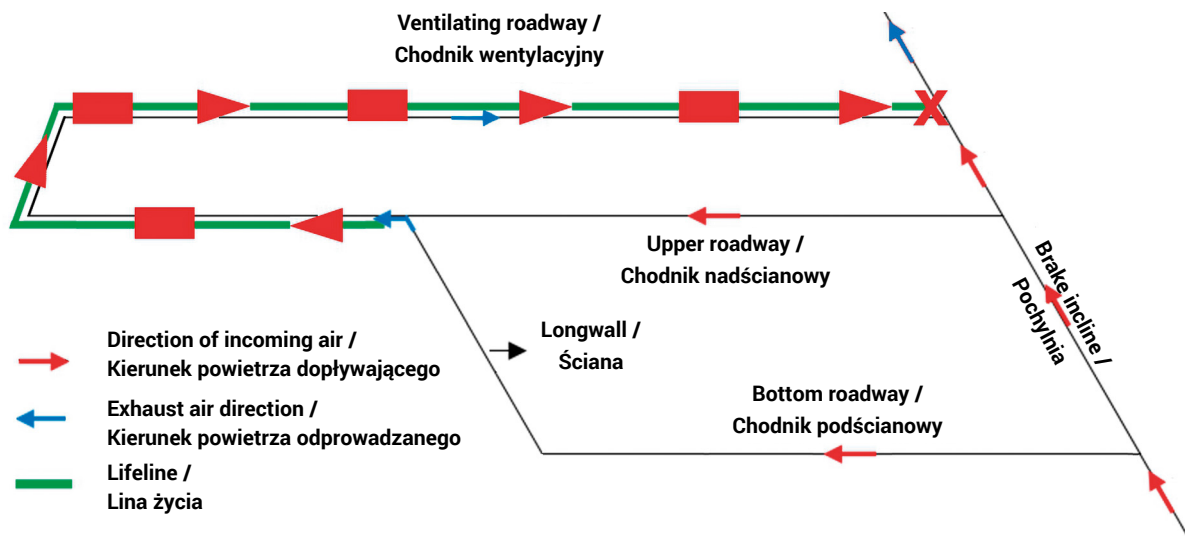
Sposób zabudowy linii życia w ścianach kopalni Borynia-Zofiówka-Bzie ruch Zofiówka oraz ruch Bzie przedstawiają ryc. 14 i 15. Rycina 14. prezentuje zabudowę linii życia w ścianach przewietrzanych sposobem na „U” od pola, zaś ryc. 15. – zabudowę linii życia w ścianach przewietrzanych sposobem na „Y”.



**Figure 14.** Installation of a lifeline in ventilated walls using the “U” method  
**Rycina 14.** Zabudowa linii życia w ścianach przewietrzanych sposobem na „U”

**Source:** Own elaboration based on [22].

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie [22].



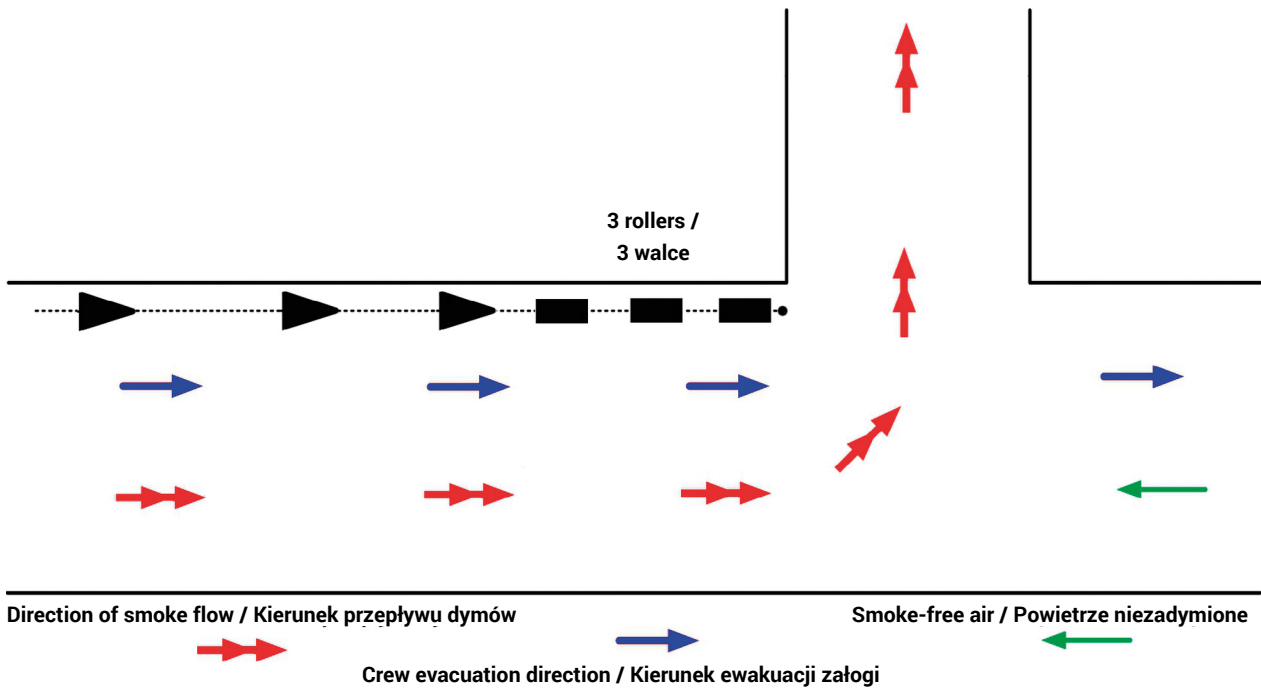
**Figure 15.** Installation of a lifeline in ventilated walls using the "Y" method  
**Rycina 15.** Zabudowa liny życia w ścianach przewietrzanych sposobem na „Y”

Source: Own work based on [22].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [22].

In the Borynia-Zofiówka-Bzie mine, the Borynia lifeline system also uses a steel cable fixed at a height of 0.8–1.2 m, on which cones indicating the direction of evacuation, as well as rollers and balls, are placed. Three rollers mounted close to each other indicate the need to cross the intersection to the other side of the excavation without touching the lifeline, while three balls mounted close to each other indicate the need to turn your back to the balls and cross to the other side of the excavation without touching the lifeline. As in other mines, the lifeline is installed only in the overhead workings (located at a higher level than the wall) that remove air from the mining wall area. Figure 16 shows how three rollers are installed at the end of the lifeline, indicating the need to cross to the other side of the excavation without coming into contact with the lifeline. Figure 17 shows how to install three balls informing miners that they must turn their backs to the balls and cross to the other side of the excavation without touching the lifeline in order to reach uncontaminated air.

W kopalni Borynia-Zofiówka-Bzie ruch Borynia w linie życia wykorzystuje się także linkę stalową zamocowaną na wysokości 0,8–1,2 m, na której umieszczone są stożki wskazujące kierunek ewakuacji oraz walce i kule. Trzy walce zamontowane w bliskiej odległości od siebie informują o konieczności przejścia przez skrzyżowanie na drugą stronę wyrobiska bez kontaktu z liną życia, zaś trzy kule zabudowane w bliskiej odległości od siebie sygnalizują konieczność odwrócenia się do kul plecami i przejścia na drugą stronę wyrobiska bez kontaktu z liną życia. Lina życia, podobnie jak w innych kopalniach, zabudowana jest tylko w wyrobiskach nadścianowych (znajdujących się na wyższym poziomie niwelacyjnym w stosunku do ściany) odprowadzających powietrze z rejonu ściany eksploatacyjnej. Rycina 16 przedstawia sposób zabudowy trzech walców na końcu liny życia, informujących o konieczności przejścia przez skrzyżowanie na drugą stronę wyrobiska bez kontaktu z liną życia. Rycina 17 prezentuje sposób zabudowy trzech kul informujących o konieczności odwrócenia się do kul plecami i przejścia na drugą stronę wyrobiska bez kontaktu z liną życia w celu dojścia do niezadymionego prądu powietrza.

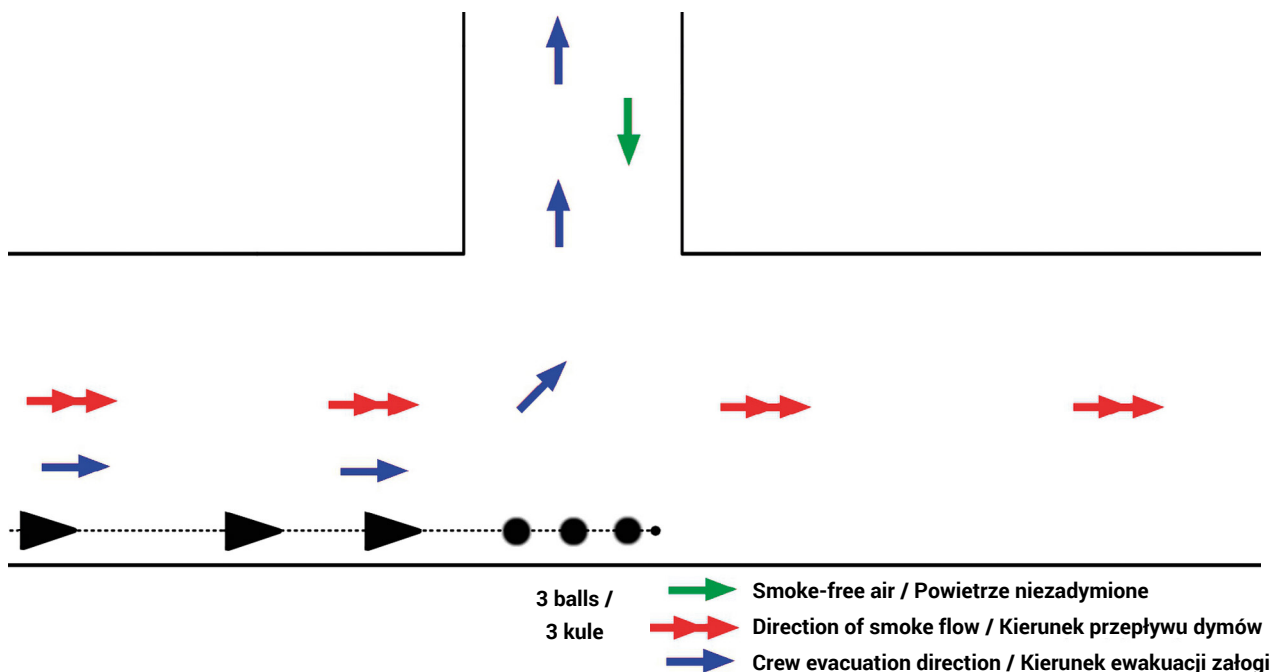


**Figure 16.** Three rollers at the end of the lifeline informing workers of the need to cross the intersection to the other side of the excavation without touching the lifeline in order to reach uncontaminated air

**Rycina 16.** Zabudowa trzech walców na końcu linii życia informująca o konieczności przejścia przez skrzyżowanie na drugą stronę wyrobiska bez kontaktu z linią życia w celu dojścia do niezadymionego prądu powietrza

Source: Own elaboration based on [23].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [23].



**Figure 17.** Three balls at the end of the lifeline indicating the need to turn your back to the balls and cross to the other side of the excavation without touching the lifeline in order to reach the uncontaminated air flow

**Rycina 17.** Zabudowa trzech kul na końcu linii życia informująca o konieczności odwrócenia się do kul plecami i przejścia na drugą stronę wyrobiska bez kontaktu z linią życia w celu dojścia do niezadymionego prądu powietrza

Source: Own elaboration based on [23].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [23].

## Conclusion

Underground fires are currently one of the most common hazards in coal mining. This is largely due to the tendency of coal to self-heat, which results in endogenous fires. In turn, the presence of combustible materials in mine workings also leads to exogenous fires, which are much more dangerous due to their highly dynamic nature. This is due to the rapid increase in the temperature of the air flowing in the workings, the release of significant amounts of fire gases, including carbon monoxide, from the source of the fire, and the formation of large amounts of other combustion products. In such cases, visibility in the smoke is severely limited, and the conditions in the excavation force miners to evacuate the danger zone as quickly as possible.

In conditions of very limited visibility or complete darkness, evacuating miners may lose their sense of direction. In such cases, they must pay extra attention during evacuation in horizontal or gently sloping workings and at intersections, especially where there is no or only a slight air current. In underground mines, air in mining excavations is carried by an upward air current from a lower level to a higher level. Therefore, the slope of the excavations and the direction of air flow are the main sources of information for the evacuating crew about the direction of the escape route. In conditions of very heavy smoke, miners can only rely on touch and hearing.

Research shows that a lifeline can be a very helpful element during the evacuation of personnel from a danger zone in conditions of limited or zero visibility. Furthermore, analyses show that the speed of evacuation of mining crews through workings equipped with lifelines has increased significantly. This is particularly true in situations where visibility is completely impaired. Research has shown that the average speed of movement through a mine at an angle of  $10^{\circ}$ – $11^{\circ}$  was approximately 22 m/min, and in the case of an almost horizontal mine, it was approximately 39 m/min. Good knowledge of the escape route from the mining workings where the miners' work stations are located has a significant impact on the speed at which miners can move during self-evacuation. Therefore, it is important to conduct frequent training sessions for the crew, not only on how to evacuate from potentially hazardous workings, but also on how to use a lifeline and how to read the combination of markers built into it, which provide information about any obstacles on the escape route.

The use of lifelines in mines based on recommended safety practices [13] indicates that they improve the safety of miners during evacuation via escape routes, especially in conditions of limited visibility due to the possibility of smoke filling the workings with combustion products generated during underground fires. Due to the universal nature of the lifeline-based system, it could be successfully used not only in hard coal mines, but also in other underground mines, underground structures, and communication tunnels.

Given the growing interest in lifelines, further research will be conducted focused on their use in the copper ore mines of KGHM Polska Miedź S.A. and in salt mines, where exogenous fires occur due to the operation of combustion engine-powered transport equipment. The next stage of research will involve determining

## Podsumowanie

Požary podziemne są obecnie jednym z częściej występujących zagrożeń w górnictwie węglowym. Dzieje się tak w znacznej mierze ze względu na skłonność węgla do samozagrzewania, na skutek którego dochodzi do powstawania pożarów endogenicznych. Z kolei w związku z występowaniem w wyrobiskach kopalnianych materiałów palnych dochodzi także do występowania pożarów egzogenicznych, które ze względu na dużą dynamikę rozwoju są znacznie bardziej niebezpieczne. Jest to związane z szybkim wzrostem temperatury przepływającego w wyrobiskach powietrza, wpływem z ogniska pożaru znacznych ilości gazów pożarowych, w tym tlenu węgla, a także powstaniem dużych ilości innych produktów spalania. W takim przypadku widzialność w dymach jest silnie ograniczona, a warunki panujące w wyrobisku zmuszają górników do jak najszybszej ewakuacji ze strefy zagrożonej.

Przy bardzo ograniczonej widzialności lub też jej całkowitym braku ewakuujący się górnicy mogą stracić orientację co do kierunku samoewakuacji. W tym przypadku muszą wzmoczyć uwagę w czasie ewakuacji w wyrobiskach poziomych lub słabo nachylonych oraz skrzyżowaniach wyrobisk, w szczególności z niewyczuwalnym lub słabo wyczuwalnym prądem powietrza. W kopalniach podziemnych powietrze w wyrobiskach górniczych jest prowadzone wznoszącym prądem powietrza z poziomu leżącego niżej na poziom leżący wyżej. W związku z tym nachylenie wyrobisk oraz kierunek przepływu powietrza stanowią dla ewakuującej się załogi główne elementy informacyjne o kierunku drogi ucieczkowej. W warunkach bardzo silnego zadymienia górnicy mogą kierować się jedynie dotykiem i słuchem.

Przeprowadzone badania wskazują, że bardzo pomocnym elementem w czasie ewakuacji załogi ze strefy zagrożenia w warunkach ograniczonego lub całkowitego braku widoczności może być linia życia. Ponadto, jak wynika z analiz, prędkość ewakuacji załóg górniczych wyrobiskami, w których zabudowano linię życia, znacznie się zwiększyła. Szczególnie dotyczy to sytuacji w przypadku całkowitego braku widoczności. Badania wskazały, że średnia prędkość przejścia wyrobiskiem w górę pod kątem  $10^{\circ}$ – $11^{\circ}$  wyniosła ok. 22 m/min, a w przypadku prawie poziomego wyrobiska wyniosła ok. 39 m/min. Dobra znajomość drogi ucieczkowej z rejonu wyrobisk górniczych, w których zlokalizowane są stanowiska pracy górników, ma duży wpływ na prędkość poruszania się górników w czasie samoewakuacji. W związku z tym istotne są częste szkolenia załogi nie tylko w zakresie sposobu ewakuacji z wyrobisk potencjalnie zagrożonych, ale także posługiwania się linią życia i umiejętność odczytywania kombinacji znaczników na niej zabudowanych, informujących o zaistniałych utrudnieniach występujących na drodze ucieczkowej.

Zastosowanie w kopalniach linii życia na podstawie rekomendowanych praktyk bezpieczeństwa [13] wskazuje, że jest ona elementem poprawiającym bezpieczeństwo górników w czasie ich ewakuacji drogami ucieczkowymi, szczególnie w warunkach ograniczonej widoczności związanej z możliwością zadymienia wyrobisk produktami spalania powstającymi w czasie pożarów podziemnych. Ze względu na uniwersalny charakter systemu opartego o linię życia mógłby on być z powodzeniem stosowany nie tylko w kopalniach węgla kamiennego, ale także

the height at which the lifeline should be installed (particularly in low excavations where the crew must evacuate at an angle) and calculating the distance a miner can cover without touching the lifeline in a situation where there are no orientation problems.

Discussions are currently underway with a company specializing in the production of plastic components regarding the manufacture of indicators. In accordance with mining regulations [8] concerning hard coal mines, all components made of plastic must have antistatic properties.

Two other coal mines have expressed interest in using lifelines. These mines use an electronic alarm and crew withdrawal system, which becomes useless if the signal cables are damaged during a developing fire or due to mechanical damage. Lifelines are intended to be an alternative in such situations.

w innych kopalniach podziemnych, budowach podziemnych czy tunelach komunikacyjnych.

Z uwagi na coraz większe zainteresowanie linią życia prowadzone będą dalsze badania ukierunkowane na wykorzystanie jej w kopalniach rud miedzi KGHM Polska Miedź S.A. oraz w kopalniach soli, w których występują pożary egzogeniczne spowodowane pracą urządzeń transportowych napędzanych silnikami spalinowymi. Kolejnym kierunkiem badań będzie określenie wysokości montażu liny życia (w szczególności w wyrobiskach niskich, w których załoga musi ewakuować się w pochyleniu) oraz wyznaczenie długości drogi, jaką górnik będzie mógł pokonać bez kontaktu z linią życia w sytuacji braku problemów z orientacją.

Obecnie prowadzone są rozmowy nad produkcją wskaźników z firmą specjalizującą się w produkcji elementów z tworzyw sztucznych. Zgodnie z przepisami górniczymi [8], dotyczącymi kopalń węgla kamiennego, wszelkie elementy wykonane z tworzyw sztucznych muszą posiadać właściwości antyelektrostatyczne.

Zainteresowanie wykorzystaniem liny życia wyraziły kolejne dwie kopalnie węgla kamiennego, które stosują elektroniczny system alarmowania i wycofania załogi – w przypadku uszkodzenia kabli sygnałowych w czasie rozwijającego się pożaru lub ich mechanicznego uszkodzenia staje się on bezużyteczny. Alternatywą w takiej sytuacji ma być lina życia.

## Literature / Literatura

- [1] Cygankiewicz J., *Prognozowanie procesu samozapalania węgla w podziemiach kopalń*, Wydawnictwo Głównego Instytutu Górniczego, Katowice 2018.
- [2] Musioł D., *Assessment of the costs of preventive works concerning fire hazard on the example of selected longwalls of two mining companies*, "Safety & Fire Technology" 2022, 59, 1, 182–197, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.11>.
- [3] Sułkowski J., Musioł D., *Effect of bed splitting on fighting aerologic hazards in exploitation sections of hard coal mines*, "Archives of Mining Sciences" 2008, 53, 4.
- [4] Dziurzyński W., Krach A., Pałka T., *Computer simulation of the propagation of heat in abandoned workings insulated with slurries and mineral substances*, "Archives of Mining Sciences" 2014, 59, 1, 3–23, <https://doi.org/10.2478/amsc-2014-0001>.
- [5] Ocena stanu bezpieczeństwa pracy, ratownictwa górniczego oraz bezpieczeństwa powszechnego w związku z działalnością górniczo-geologiczną w latach 2015–2024, Opracowania Wyższego Urzędu Górniczego w Katowicach, Katowice.
- [6] PKN (Polski Komitet Normalizacyjny), *Ochrona przeciwpożarowa – Terminologia – Ewakuacja i środki ewakuacji*, PN-ISO 8421-6:1997, Warszawa 1997.
- [7] Barański M., Haznar-Barańska A., *Ewakuacja i jej rodzaje – rewizja definicji oraz klasyfikacja*, "Safety & Fire Technology" 2021, 58, 2, <https://doi.org/10.12845/sft.58.2.2021.12>.
- [8] Rozporządzenie Ministra Energii w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych z dnia 23 listopada 2016 r. (Dz.U. 2017 poz. 1118 z późn. zm.).
- [9] Aparat uciezkowy Dräger Oxy SR, [https://www.draeger.com/pl\\_pl/Products/Oxy-SR](https://www.draeger.com/pl_pl/Products/Oxy-SR) [dostęp: 11.10.2025].
- [10] Aparat uciezkowy DEZEGA CARBO60, 1PVM KS, <https://www.dezega.com> [dostęp: 11.10.2025].
- [11] Badura H., Biernacki K., Sułkowski J., Żur K., *Czynniki decydujące o prędkości wycofywania załogi zadymionymi wyrobiskami w czasie pożaru w kopalni*, "Przegląd Górniczy" 1996, nr 6.
- [12] Badura H., Sułkowski J., *Droga uciezkowa jako element systemu zabezpieczenia przeciwpożarowego kopalni*, "Przegląd Górniczy" 1996, nr 7–8.
- [13] Szlązak J., Badura H., Musioł D. i inni, *Zadanie badawcze nr 12: Opracowanie systemów orientacji i sygnalizowania kierunku wycofania się załogi na drogach uciezkowych w chodnikach przyścianowych*, realizowane w ramach Strategicznego Projektu Badawczego „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach”, Gliwice 2015.
- [14] Szlązak J., Grodzicka A., Musioł D., *Ocena metod wyznaczania dróg uciezkowych na wypadek zagrożenia pożarowego w kopalni*, "Wiadomości Górnicze" 2014, nr 78.
- [15] Wyższy Urząd Górniczy, *Opisy niebezpiecznych zdarzeń*, <https://www.wug.gov.pl/bhp/zdarzenia> [dostęp: 11.10.2025].
- [16] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy,

- prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz. U. 2002, Nr 139, poz. 1169; Dz.U. 2006, Nr 124, poz. 863; Dz. U. 2010, Nr 126, poz. 855).
- [17] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 12 czerwca 2002 r. w sprawie ratownictwa górniczego (Dz. U. 2002, Nr 94, poz. 838; Dz. U. 2004, Nr 102, poz. 1073; Dz. U. 2007, Nr 204, poz. 1476).
- [18] Telefonosygnalizator Jantar-2, <https://telvis.pl/services/telefonosygnalizator-iskrobezpieczny-jantar-2/> [dostęp: 30.10.2025].
- [19] System łączności telefonicznej i alarmowania HETMAN, <https://telvis.pl/services/system-laczności-telefonicznej-i-alarmowania-hetman/> [dostęp: 30.10.2025].
- [20] Zasady znakowania dróg uciezkowych, Materiały szkoleniowe KGHM Polska Miedź S.A.
- [21] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2022 poz.1225 z późn. zm.).
- [22] Materiały szkoleniowe dot. „linii życia” – KWK Borynia-Zofiówka-Bzie ruch Zofiówka oraz ruch Bzie.
- [23] Materiały szkoleniowe dot. „linii życia” – KWK Borynia-Zofiówka-Bzie ruch Borynia.

**DARIUSZ MUSIOŁ, PH.D. ENG.** – a graduate of the Faculty of Mining and Geology at the Silesian University of Technology. Long-term research and teaching employee. Long-term head of postgraduate studies in “Aerology and Mining Rescue” at the Faculty of Mining, Safety Engineering, and Industrial Automation at the Silesian University of Technology. Expert at the Higher Mining Authority in Katowice in the areas of methane and dust hazards, fire hazards, and climate hazards. Expert at the Management Board Office of Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. Deputy chair of the Mining Aerology Section of the Polish Academy of Sciences, Katowice branch, and member of the Mining Commission of the Polish Academy of Sciences, Katowice branch. The author’s main areas of expertise are methane, fire, and climate hazards, mine ventilation networks, and mine ventilation.

**DR INŻ. DARIUSZ MUSIOŁ** – absolwent Wydziału Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej. Długoletni pracownik naukowo-dydaktyczny. Wieloletni kierownik studiów podyplomowych „Aerologia i Ratownictwo Górnicze” na Wydziale Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej Politechniki Śląskiej. Rzeczoznawca Wyższego Urzędu Górniczego w Katowicach w grupach zagrożenia metanowego i pyłowego, zagrożenia pożarowego i zagrożenia klimatycznego. Rzeczoznawca w Biurze Zarządu Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. Zastępca przewodniczącego Sekcji Aerologii Górniczej PAN oddz. Katowice oraz członek Komisji Górniczej PAN oddz. Katowice. Głównym obszarem specjalizacji autora są zagrożenia metanowe, pożarowe i klimatyczne, sieci wentylacyjne kopalń oraz ich wentylacja.