



Wykorzystanie modelu drzewa zdarzeń do tworzenia scenariuszy zagrożeń w górnictwie

Zbigniew BURTAN¹⁾, Natalia SCHMIDT-POŁOŃCZYK²⁾,
Dagmara NOWAK-SENDEROWSKA³⁾

¹⁾ dr hab. inż.; Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; email: burtan@agh.edu.pl

²⁾ dr inż.; Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; email: nschmidt@agh.edu.pl

³⁾ dr inż.; Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; email: nowaksen@agh.edu.pl

DOI: 10.29227/LM-2017-02-18

Streszczenie

W artykule przedstawiono możliwości zastosowania metody drzewa zdarzeń do prognozowania rozwoju i skutków zagrożeń zawodowych. Tworzenie scenariuszy zagrożeń stanowi podstawę do identyfikowania obszarów problemowych, wymagających zmian i wprowadzenia adekwatnych działań. Analizy odniesiono do wybranych zagrożeń w górnictwie podziemnym, które cechuje różnorodność w kontekście wielkości szkody i prawdopodobieństwa ich wystąpienia. W wyniku zaprezentowanych przykładów wskazano praktyczne zastosowanie metody drzewa zdarzeń w obszarze zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. W artykule zwrócono również uwagę na szerokie spektrum możliwości wykorzystania sekwencji zdarzeń m.in. do oceny i analizy ryzyka zawodowego, doboru środków ochrony czy też wspomagania procesu identyfikacji przyczyn i badania okoliczności wypadków przy pracy.

Słowa kluczowe: ryzyko zawodowe, drzewo zdarzeń, zagrożenia, górnictwo

1. Wprowadzenie

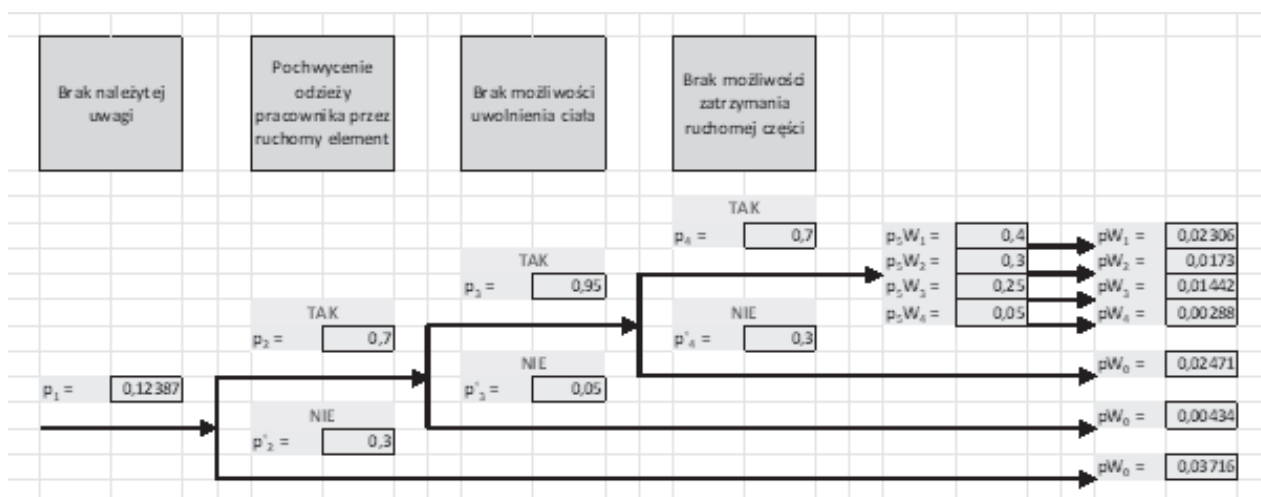
Identyfikacja zagrożeń występujących w procesie pracy w górnictwie wynika nie tylko z wymagań prawnych, ale przede wszystkim pozwala podjąć odpowiednie działania w zakresie sterowania ryzykiem. Otrzymane w przedmiotowej analizie informacje stanowią powinny fundament w procesie oceny ryzyka, zwłaszcza w wyznaczeniu jego dopuszczalności czy w doborze działań likwidujących lub zmniejszających jego poziom (Korzeniowski, Nowak-Senderowska, 2015).

Przegląd metod i technik stosowanych w analizie i ocenie ryzyka związanego z wykonywaną pracą wskazuje na różnorodne podejście do tych zagadnień. W praktyce spotyka się najczęściej korzystanie z jakościowych i wskaźnikowych metod szacowania ryzyka, rzadko lub wcale nie spotyka się zastosowań metod ilościowych oraz tych opartych na modelach graficznych w postaci drzew, grafów czy kalkulatorów. Wydaje się, że przesłankami decydującymi o wyborze metody do szacowania ryzyka są przede wszystkim łatwość i szybkość ich wykonywania oraz przyjęta definicja ryzyka zawodowego, rzadziej możliwości dodatkowego i szerszego wykorzystania wyników w zakresie zarządzania ryzykiem. Według normy PN-N-18001 definicję ryzyka stanowi „kombinacja częstości lub prawdopodobieństwa wystąpienia określonego zdarzenia wywołującego zagrożenie i konsekwencji związanych z tym zdarzeniem”.

Biorąc pod uwagę różnorodność zastosowania rezultatów szacowania ryzyka zawodowego, w odniesieniu do szeroko rozumianego zarządzania ryzykiem, w niniejszym artykule przyjmuje się definicję ryzyka szkody na zdrowiu opartą o wielkość szkody na zdrowiu oraz prawdopodobieństwo jej wystąpienia uzupełnioną o scenariusz powstawania szkody.

2. Metoda drzewa zdarzeń

Metoda Drzewa Zdarzeń (Event Tree Analysis) jest metodą stosowaną m.in. do analizy zagrożeń występujących w procesie pracy, opierającą się na tworzeniu modelu przebiegu analizowanej sytuacji. Metoda ta opisuje progresję zdarzeń począwszy od tzw. zdarzenia inicjującego. Graficzny model zależności przyczynowo – skutkowych (drzewo zdarzeń) przedstawia wszystkie możliwe zdarzenia pośrednie, będące następstwami zdarzenia inicjującego. Z kolei następstwa zdarzeń w omawianej metodzie przedstawiane są jako punkty rozgałęzień, często mając charakter binarny, czyli potwierdzają zdarzenie o zaistnieniu szkody na zdrowiu lub je negują. Jednak warto dodać, że „...binarny charakter nie jest konieczny, niektóre drzewa zdarzeń przedstawiają więcej niż dwa następstwa jednego zdarzenia. Koniecznym jest jednak, aby odrębne ścieżki wzajemnie się wykluczały” (Hebda i inni, 2009). Zwykle każde wydarzenie ma dwa rozgałęzienia – „gałąź” prowadzona w górę oznacza po-



Rys. 1. Drzewo zdarzeń dla zagrożenia „ruchome części maszyn” – górnik wiertacz

Fig. 1. Event tree for hazard: „moving machine components” – miner responsible for drilling

wodzenie, a w przypadku niepowodzenia skierowana jest w dół. Prawdopodobieństwo zdarzenia końcowego oblicza się jako iloczyn prawdopodobieństwa wszystkich zdarzeń poprzedzających. Analogicznie należy postępować przy kalkulacji prawdopodobieństwa zdarzenia pośredniego.

$$p_n(W_i) = p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_j \cdot p_k(W_i)$$

gdzie:

W_i – określona kategoria szkody na zdrowiu,

p_n – prawdopodobieństwo wystąpienia określonej kategorii szkody w wyniku realizacji scenariusza dotyczącego danego zagrożenia,

p_j – prawdopodobieństwa zdarzeń w scenariuszu, dotyczącego danego zagrożenia, doprowadzającym do szkody W_i ,

$p_k(W_i)$ – prawdopodobieństwo szkody W_i dotyczącej danego zagrożenia.

Prawdopodobieństwo wystąpienia szkody na zdrowiu, zdefiniowanej odpowiednią kategorią oblicza się mnożąc prawdopodobieństwo scenariusza prowadzącego do szkody i prawdopodobieństwo tej szkody. Suma prawdopodobieństw zaistnienia zdarzenia i jego niezistnienia, wychodzących z jednego węzła jest stała i wynosi 1.

Skutki zaistnienia zagrożenia stanowiące szkodę na zdrowiu pracownika można pogrupować w pięć kategorii:

W_0 – brak urazu,

W_1 – uraz powodujący niezdolność do pracy do 33 dni,

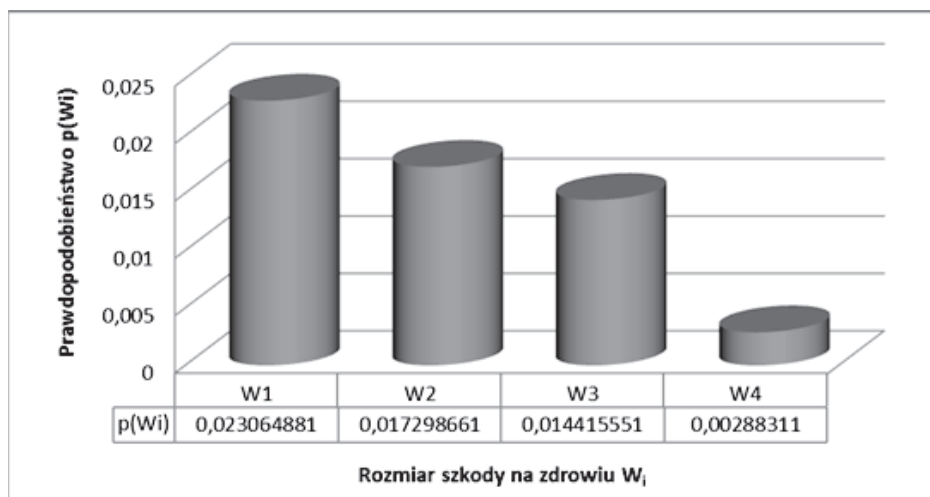
W_2 – uraz powodujący niezdolność do pracy powyżej 33 dni,

W_3 – choroba zawodowa/inwalidztwo,

W_4 – śmierć.

Ostatnim elementem scenariusza zagrożeń jest określenie kategorii szkody na zdrowiu pracownika mianem urazu, choroby lub śmierci. Miarą urazu będzie niezdolność do pracy, z kolei choroby – choroba zawodowa lub inwalidztwo.

Literatura fachowa została wzbogacona o liczne publikacje, związane z szerokim zastosowaniem metody drzewa zdarzeń m.in. do prognozowania rozwoju i skutków zagrożeń zawodowych. Przykładowo zespół naukowców (Przybyła, Korban, 2005) wykazał, iż w procesie szacowania ryzyka zawodowego „jedną z możliwych do zastosowania metod jest metoda drzewa zdarzeń należąca do grupy metod badań operacyjnych”. Zespół ten przedstawił praktyczne zasady konstrukcji schematu drzewa zdarzeń na przykładzie wyrobiska górniczego zagrożonego zapłonem metanu. Opracowany przykład w sposób ogólny traktuje wykorzystanie tej metody dla potrzeb określenia ryzyka, tylko z uwagi na wymiar jakościowy. W rozważaniach Findeisena drzewo zdarzeń znalazło zastosowanie w przykładzie wycieku ropy naftowej w porcie wraz z uwzględnieniem ilościowej oceny ryzyka (Findeisen, 1985). Z kolei zdaniem Hebda do oceny ryzyka zawodowego z powodzeniem wykorzystać można metodę drzewa zdarzeń, zwłaszcza do ustalenia kolejności i możliwości zajścia poszczególnych skutków analizowanego zdarzenia inicjującego oraz do wyznaczenia prawdopodobieństwa wystąpienia szkody na zdrowiu (Hebda i inni, 2009). Drzewo zdarzeń jako metoda ilościowa jest polecana przez Wolanina do przeprowadzenia analizy ryzyka pożarowego. W pracy (Wolanin, 2006) pokazano zastosowanie metody drzewa błędów na przykładzie rozprzysygu dymu poza strefę pożarową, a otrzymany wynik ilościowy wykorzystano w analizie możliwych skutków pożaru, przeprowadzonej już właśnie przy pomocy drzewa zdarzeń.



Rys. 2. Przewidywany rozkład szacowanego ryzyka wystąpienia rozmiaru szkody na zdrowiu pracownika przy realizacji scenariusza „ruchome części maszyn” – górnik wiertacz

Fig. 2. Estimated risk distribution of degree of harm - miner responsible for drilling

3. Scenariusze powstawania szkody na zdrowiu – wybrane przykłady

Stanowisko pracy jest najmniejszą i niepodzielną komórką organizacyjną w przedsiębiorstwie. Przeprowadzane w niej procesy wykonywania pracy wyróżnia: praca ludzka, statystyczny układ poszczególnych elementów, praca urządzeń i maszyn oraz oddziaływanie czynników pochodzących z jego otoczenia (Sajkiewicz, 1986). W niniejszym rozdziale zostały przytoczone przykłady czterech stanowisk pracy w górnictwie podziemnym – górnik wiertacz, operator samojezdnej maszyny wierząco-kotwiącej, górnik podsadzkarz i pracownik obsługi przenośnika taśmowego, dla których wskazano po jednym zagrożeniu zawodowym, po czym poddano je analizie metodą drzewa darzeń.

3.1. Ruchome części maszyn – zagrożenie występujące w górnictwie węgla kamiennego

3.1.1. Opis czynności roboczych

Pracownik zatrudniony na stanowisku górnik wiertacz wykonuje prace związane z robotami wiertniczymi w wyrobiskach podziemnych. Główne czynności robocze dotyczą wiercenia otworów górniczych (np. metanowych, hydrogeologicznych, badawczych, strzałowych, przeznaczonych do torpedowania górotworu, technologicznych) z wykorzystaniem odpowiednich narzędzi oraz osprzętu w postaci wiertnicy MDR-06a. Proces wiercenia obejmuje przygotowanie sprzętu, wykonanie otworów zgodnie z ich przeznaczeniem, a także konserwację środków sprzętowych z uwzględnieniem działań zapobiegania awariom wiertniczym oraz prowadzeniem dokumentacji wiertniczej. Prace na omawianym stanowisku obejmują także transport i składowanie materiałów oraz sprzętu.

3.1.2. Drzewo zdarzeń

Jednym z głównych zadań roboczych na stanowisku górnika wiertacza jest obsługa wiertnicy, posiadającej elementy w ruchu. Zdarzenie „brak należytej uwagi” przyjęto za zdarzenie inicjujące, natomiast zdarzeniami pośrednimi są:

- „pochwycenie odzieży pracownika przez ruchomy element”,
- „brak możliwości uwolnienia ciała”,
- „brak możliwości zatrzymania ruchomej części”.

Graficzne przedstawienie rozwoju scenariusza tego zagrożenia wraz z wartościami liczbowymi zawiera rys. 1.

Prawdopodobieństwa zdarzeń w drzewie określono metodą ekspertów, a na podstawie wzoru przedstawionego w rozdziale 3 wyliczono prawdopodobieństwa końcowe dla poszczególnych kategorii szkody na zdrowiu.

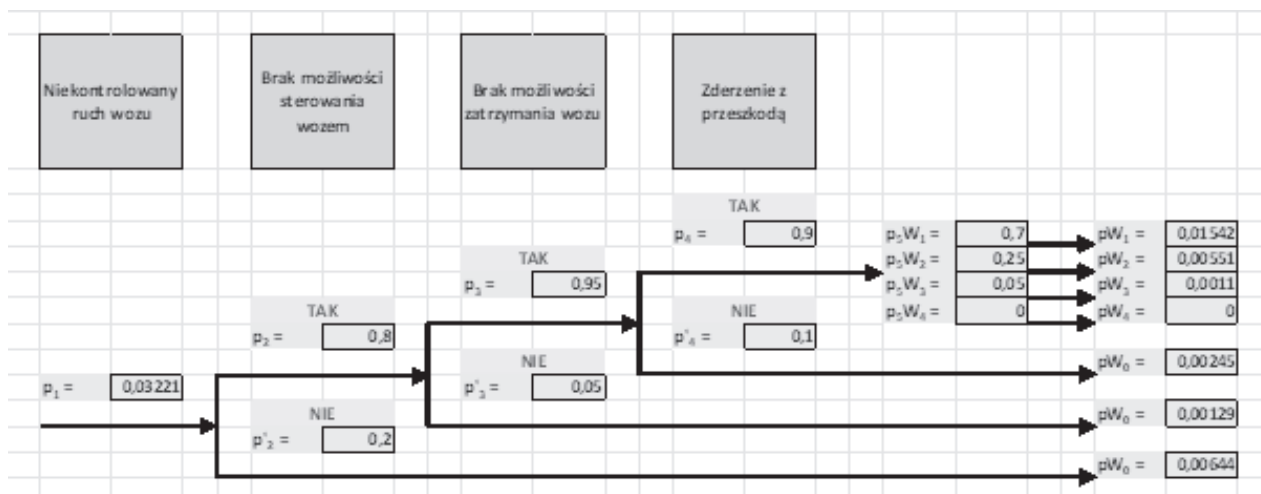
3.1.3. Rozkład ryzyka wystąpienia szkody na zdrowiu

Przewidywany rozkład szacowanego ryzyka szkody na zdrowiu pracownika wynikającego z wystąpienia scenariusza „ruchome części maszyn” przedstawia rys. 2.

3.2. Ruch pojazdów mechanicznych - zagrożenie występujące w górnictwie rud miedzi

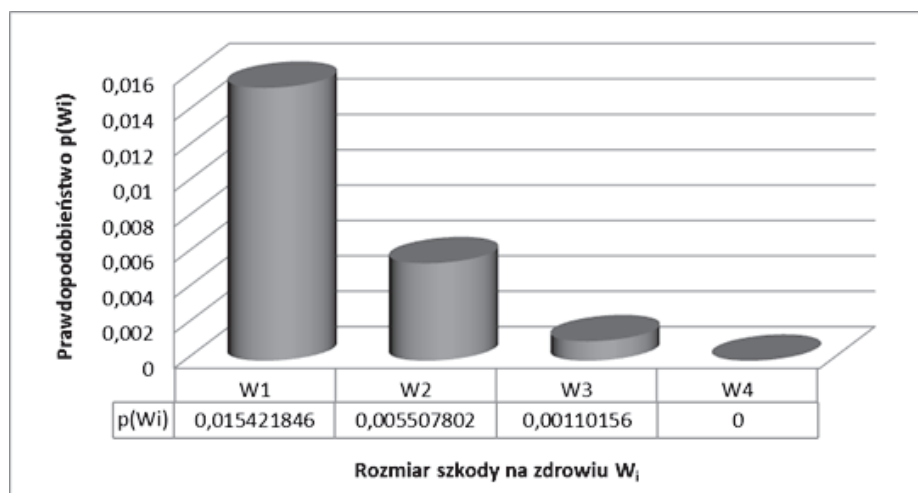
3.2.1. Opis czynności roboczych

Operator samojezdnej maszyny wierząco-kotwiącej jest jednym z typowych stanowisk pracy w górnictwie podziemnego wydobywania rudy miedzi. Wykonywane czynności robocze operatora obejmują obsługę maszyn samojezdnych (wozy wierzące lub wierząco-kotwiące typu: SWK-2Hz, Robolt, SWW-1HR, SWWK-4, SWWK-6K, SWWK-5K/T, Monomatic, Face Master, Axera, BOOMER 281 SL), wiercenie otworów strzałowych i kotwowych oraz wykonywanie obudowy kotwowej. Charakterystyczną cechą tego stanowiska jest wysoki stopień zmechanizowania procesu pracy, częściowego



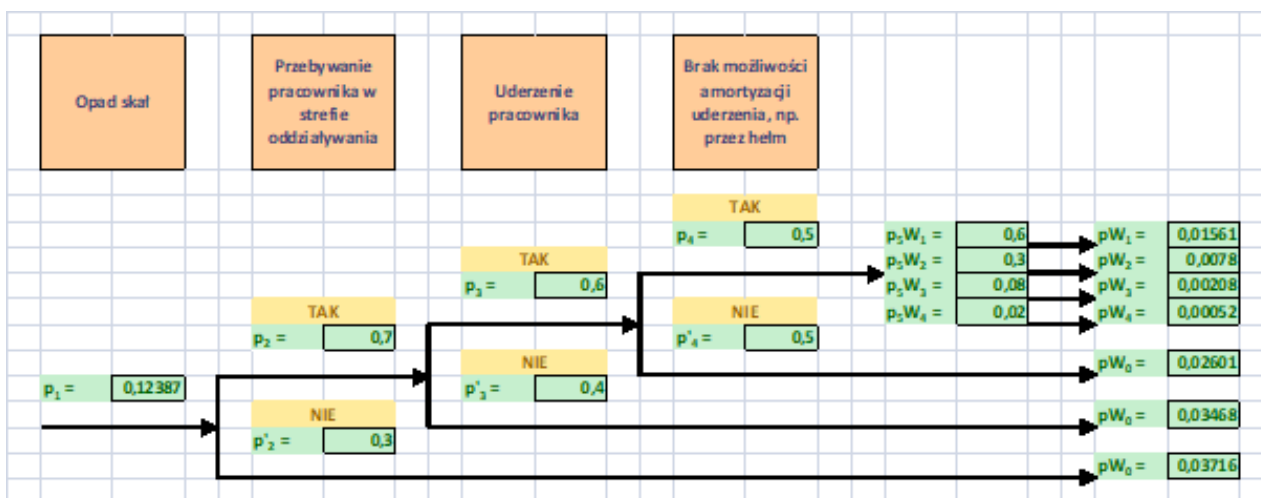
Rys. 3. Drzewo zdarzeń dla zagrożenia „ruch pojazdów mechanicznych” – operator samojazdnej maszyny wierząco-kotwiącej

Fig. 3. Event tree for hazard: “movement of mechanical vehicles” – the operator of the drilling and bolting rig



Rys. 4. Przewidywany rozkład szacowanego ryzyka wystąpienia rozmiaru szkody na zdrowiu pracownika przy realizacji scenariusza „ruch pojazdów mechanicznych” – operator samojazdnej maszyny wierząco-kotwiącej

Fig. 4. Estimated risk distribution of degree of harm – the operator of the drilling and bolting rig



Rys. 5. Drzewo zdarzeń dla zagrożenia „spadające odłamki skalne/elementy konstrukcji” – górnik podsadzkarz

Fig. 5. Event tree for hazard: “falling rock fragments/construction elements” – miner responsible for backfilling

zautomatyzowania oraz konieczność wykonywania pewnych czynności fizycznych przez operatora.

3.2.2. *Drzewo zdarzeń*

Jednym z zagrożeń zidentyfikowanych przy pracy operatora samojedznej maszyny wierząco-kotwiącej w grupie zagrożeń związanych ze stosowanymi maszynami i wyposażeniem stanowiska jest „ruch pojazdów mechanicznych”, z uwagi na używanie wozu jako podstawowego środka do pracy na stanowisku. Za zdarzenie rozpoczynające przyjęto „niekontrolowany ruch wozu”, natomiast zdarzeniami pośrednimi są:

- „brak możliwości sterowania wozem”,
- „brak możliwości zatrzymania wozu”,
- „zderzenie z przeszkodą”.

Na rysunku 3 przedstawiono drzewo zdarzeń obejmujące scenariusz powstawania szkody na zdrowiu pracownika wraz z oszacowanymi wartościami liczbowymi, spowodowany ruchem pojazdów mechanicznych podczas wykonywania przez pracownika czynności roboczych.

Prawdopodobieństwa zdarzeń w drzewie określono metodą ekspertów, a na podstawie wzoru przedstawionego w rozdziale 3 wyliczono prawdopodobieństwa końcowe dla poszczególnych kategorii szkody na zdrowiu.

3.2.3. *Rozkład ryzyka wystąpienia szkody na zdrowiu*

Przewidywany rozkład oszacowanego ryzyka związanego z wystąpieniem poszczególnych rozmiarów szkody na zdrowiu pracownika przy realizacji scenariusza „ruch pojazdów mechanicznych” przedstawia rys. 4.

3.3. *Spadające odłamki skalne/elementy konstrukcji – zagrożenie występujące w górnictwie rud cynku i ołowiu*

3.3.1. *Opis czynności roboczych*

Jednym z typowych stanowisk pracy w ruchu zakładu górniczego wydobywającego rudy cynku i ołowiu jest górnik podsadzkarz. Wykonywane czynności przez pracownika na stanowisku wykonywane są w wyeksploatowanych przestrzeniach w wyrobiskach podziemnych i obejmują:

- zabudowę rurociągu podsadzkowego ze spągu na „koziołkach” lub z łyżki maszyny samojedznej,
- „przerabianie” rurociągu za otamowaną przestrzeń w częściowo podsadzonym wyrobisku,
- obserwację i korektę procesu podsadzania wyrobisk,
- obijanie okorkami i nadbijanie płótnem podsadzkowym tam,
- upinanie rurociągu podsadzkowego.

Prace górnik podsadzkarz realizuje przy wykorzystaniu narzędzi ręcznych (siekiera, łopata, młotek, kilof, klucz do nakrętek, nóż) oraz materiałów i elementów do budowy tam podsadzkowych. Pracownik wyposażony

jest także w elektroniczne przyrządy do pomiaru składu atmosfery kopalnianej.

3.3.2. *Drzewo zdarzeń*

Do zagrożeń, na jakie narażony jest górnik podsadzkarz, zaliczyć należy „spadające odłamki skalne/elementy konstrukcji”. Zagrożenie to wynika głównie ze stanu stropu w miejscach wykonywania zadań przez pracownika, dlatego też za pierwsze zdarzenie przyjęto „opad skał”, a następnie:

- „przebywanie pracownika w strefie oddziaływania”,
- „uderzenie pracownika”,
- „brak możliwości amortyzacji uderzenia”.

Przebieg scenariusza tego zagrożenia wraz z wartościami liczbowymi przedstawiony został na rys. 5.

3.3.3. *Rozkład ryzyka wystąpienia szkody na zdrowiu*

Przewidywany rozkład szacowanego ryzyka szkody na zdrowiu pracownika, wynikającego z wystąpienia scenariusza „spadające odłamki skalne/elementy konstrukcji”. ilustruje Rys. 6.

3.4. *Kontakt z prądem elektrycznym - zagrożenie występujące w górnictwie węgla kamiennego*

3.4.1. *Opis czynności roboczych*

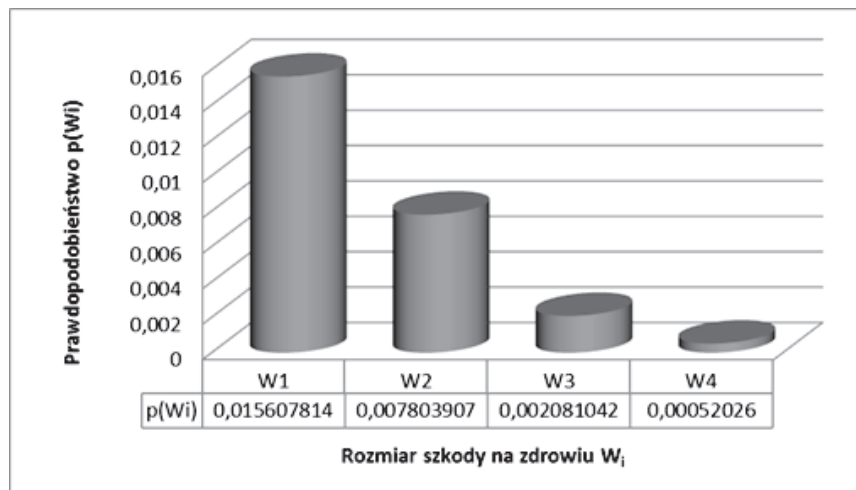
Pracownik obsługujący przenośniki taśmowe w zajmuje się głównie odstawą urobku, wykonując swoje prace na drogach transportu materiału do przodka oraz w chodnikach odstawy urobku z przodka pod szyb. Pracownik zajmuje się przedłużaniem lub skracaniem przenośników w zakresie konserwacyjnym, dba o prawidłowe odprowadzanie urobku z przodka pod szyb wydobywczy oraz o sprawne działanie wszystkich obsługiwanych urządzeń. Główne maszyny i urządzenia górnicze, używane przez pracownika obsługującego przenośnik taśmowy to: przenośnik taśmowy, stacja transformatorowa, urządzenia głośnomówiące, natomiast wykorzystywane narzędzia to: gracka, kilof, klucze ślusarskie, młot górniczy, nóż, łopata, wybijak i ściągacz.

3.4.2. *Drzewo zdarzeń*

Występowanie zagrożenia „kontakt z prądem elektrycznym” wynika z korzystania przy wykonywaniu czynności roboczych przez pracownika z prądu elektrycznego jako medium zasilającego. Przyjęto zatem „pojawienie się prądu elektrycznego” za zdarzenie inicjujące w drzewie zdarzeń, a kolejne zdarzenia pośrednie to:

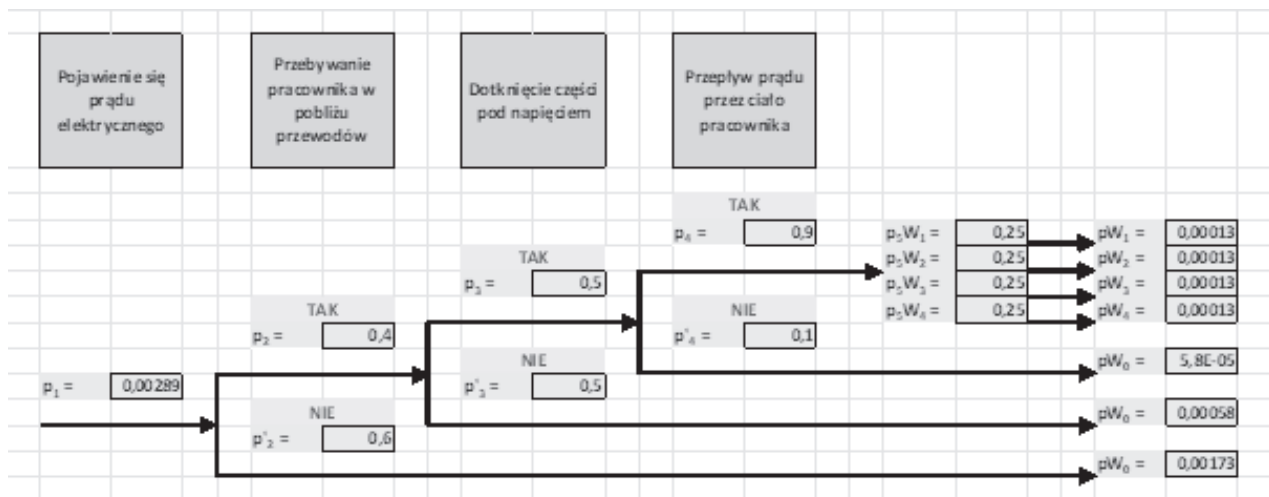
- „przebywanie pracownika w pobliżu przewodów”,
- „dotknięcie części pod napięciem”,
- „przepływ prądu przez ciało pracownika”.

Graficzne przedstawienie rozwoju scenariusza zagrożenia „kontakt z prądem elektrycznym” wraz z war-



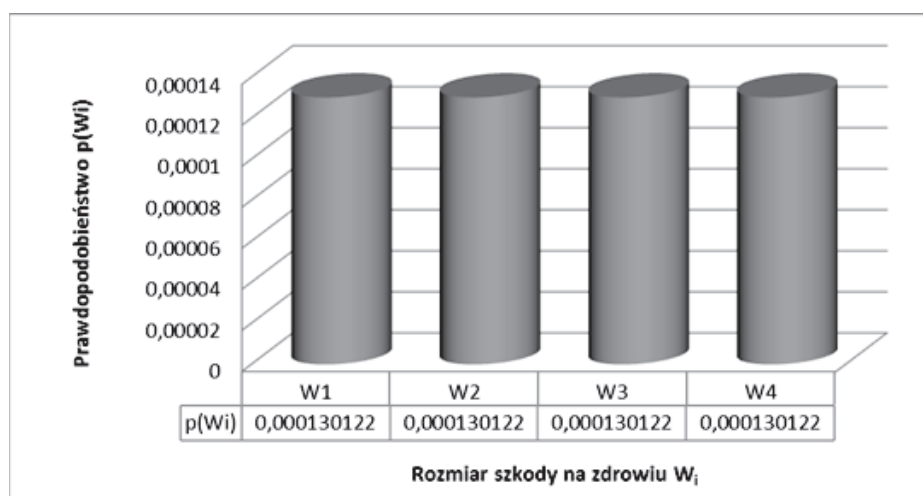
Rys. 6. Przewidywany rozkład szacowanego ryzyka wystąpienia rozmiaru szkody na zdrowiu pracownika przy realizacji scenariusza „spadające odłamki skalne/elementy konstrukcji” – górnik podsadzkarz

Fig. 6. Estimated risk distribution of degree of harm – miner responsible for backfilling



Rys. 7. Drzewo zdarzeń dla zagrożenia „kontakt z prądem elektrycznym” – pracownik obsługujący przenośniki taśmowe

Fig. 7. Event tree for hazard: "contact with electric currents" – worker supporting conveyor belts



Rys. 8. Przewidywany rozkład szacowanego ryzyka wystąpienia rozmiaru szkody na zdrowiu pracownika przy realizacji scenariusza „kontakt z prądem elektrycznym” – pracownik obsługujący przenośniki taśmowe

Fig. 8. Estimated risk distribution of degree of harm – worker supporting conveyor belts

Tab. 1. Ocena wybranych zagrożeń zawodowych występujących w górnictwie podziemnym [źródło: opracowanie własne]

Tab. 1. Evaluation of selected occupational hazards in underground mining [source: own]

Zagrożenie	Stanowisko	Rodzaj górnictwa	Najczęstsza możliwa szkoda	Najcięższa możliwa szkoda	Profilaktyka możliwa do zastosowania
ruchome części maszyn	górnik wiertacz	podziemne - węgla kamiennego	uraz z niezdolnością do 33 dni (0,023)	śmierć (0,003)	- osłony stałe - blokady umożliwiające szybkie zatrzymanie ruchu elementu wirującego - użytkowanie tylko sprawnych technicznie maszyn i zgodnie z przeznaczeniem - odpowiednie oświetlenie - odpowiednia odzież
ruch pojazdów mechanicznych	operator samojedznej maszyny wiertąco-kotwiącej	podziemne - rud miedzi	uraz z niezdolnością do 33 dni (0,015)	choroba zawodowa/ inwalidztwo (0,001)	- przestrzeganie przepisów i zasad dotyczących poruszania się pojazdów mechanicznych oraz ludzi w wyrobiskach dołowych - ubrania robocze z elementami odblaskowymi
spadające odłamki skalne/elementy konstrukcji	górnik podsadzkarz	podziemne - rud cynku i ołowiu	uraz z niezdolnością do 33 dni (0,016)	śmierć (0,001)	- używanie środków ochrony indywidualnej, takich jak hełmy, obuwie, rękawice oraz ubranie - wykonywanie prac zgodnie z projektami - bieżąca kontrola stanu górotworu i wykonywanie obrywki - właściwy dobór obudowy do panujących warunków górnictwo-geologicznych
kontakt z prądem elektrycznym	pracownik obsługujący przenośniki taśmowe	podziemne - węgla kamiennego	uraz z niezdolnością do 33 dni = uraz z niezdolnością powyżej 33 dni = choroba zawodowa/ inwalidztwo = śmierć (0,0001)	śmierć (0,0001)	- izolacje przewodów - osłony i obudowy - ogrodzenia stałe i przenośne - umieszczenie przewodów, w których płynie prąd, poza zasięgiem ręki (np. na wysokości) - samoczynne wyłączanie zasilania (bezpieczniki, wyłączniki różnicowoprądowe) - bezpieczne napięcia - instrukcje bezpiecznej pracy

tościami liczbowymi zawiera rys. 7.

3.4.3. Rozkład ryzyka wystąpienia szkody na zdrowiu

Przewidywany rozkład szacowanego ryzyka wystąpienia rozmiaru szkody na zdrowiu pracownika przy realizacji scenariusza „kontakt z prądem elektrycznym” przedstawia rys. 8.

4. Podsumowanie

Metody i sposoby realizacji działań związanych z identyfikacją zagrożeń i oceną ryzyka zawodowego w przedsiębiorstwach są bardzo zróżnicowane, a ich wybór zależy od wielu czynników takich jak np. rodzaj i wielkość organizacji, stosowane technologie czy wielkość i rodzaj zagrożeń.

Zaprezentowana w artykule analiza ryzyka zawodowego przy zastosowaniu metody drzewa zdarzeń stanowi jedną z możliwych sposobów prognozowania rozwoju i skutków zagrożeń zawodowych w górnictwie podziemnym. Tworzone scenariusze zagrożeń metodą drzewa zdarzeń stwarzają potencjał w postaci:

- przebiegu analizowanych zagrożeń jako sekwencje zdarzeń niepożądanych,
- uzyskania wyników ilościowych ryzyka szkody na zdrowiu,
- wskazania możliwych środków ochronnych,
- wspomagania procesu identyfikacji przyczyn i badania okoliczności wypadków przy pracy.

Ocena ryzyka zawodowego przeprowadzana klasycznym podejściem odnosi się do jednowymiarowego rozmiaru możliwych szkód, a wykorzystanie sekwencji zdarzeń umożliwia ujęcie wszystkich możliwych szkód na zdrowiu pracownika i pozwala wykonać dodatkowe zabiegi prewencyjno-ochronne na danym etapie zdarzenia.

Zbiorcze wyniki zaprezentowanych przykładów oceny zagrożeń zawodowych występujących w górnictwie podziemnym umieszczono w tabeli 1, wskazując praktyczne aspekty zastosowania metody drzewa zdarzeń.

Artykuł zrealizowany w ramach pracy statutowej:
11.11.100.005

Literatura – References

1. Findeisen W. (1985): Analiza systemowa – podstawy i metodologia. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
2. Hebda A., Nowak D., Stryczek Z., Gonet R. (2009): Ilościowe metody szacowania ryzyka szkody na zdrowiu w górnictwie. Przegląd Górniczy, t. 65 nr 3–4, s. 62–73.
3. Korzeniowski W., Nowak-Senderowska D. (2015): Kompleksowa ocena zagrożeń ergonomicznych operatora samojezdnego wozu wierćąco-kotwiącego — Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2015 [Dokument elektroniczny]: Kraków, 23–27 lutego 2015 / Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Górnictwa Podziemnego. s. 1–7.
4. PN-N-18001 (2004): Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Wymagania.
5. Przybyła H., Korban Z. (2005): Wybrane aspekty wykorzystania metod badań operacyjnych w procesie szacowania ryzyka zawodowego. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Górnictwo, z. 270.
6. Sajkiewicz A., (1986): Harmonizacja pracy: czynniki społeczne, ekonomiczne i organizacyjne, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, ISBN 83-208-0576-7.
7. Wolanin J., (2006): Ocena ryzyka pożarowego. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej, Scenariusze Pożarowe a Inżynieria Bezpieczeństwa Pożarowego, Zakopane, 7–15.

The Application of Event Tree Analysis for Creating Hazard Scenarios in the Mining Industry

This article shows the possibilities of using event tree analysis in order to predict the development and results of workplace hazards. Creating scenarios of hazards is the basis of identifying problems, which require changes and appropriate actions. The analysis regards selected hazards in underground mining, which characterize varied degrees of harm and the probability of their occurrence. Practical applications of event tree analysis in the field of work safety managements are shown on the basis of selected examples. Moreover, one can point to the wide spectrum of possible use of event sequence among others for risk evaluation and analysis, the selection of proper safety equipment, aiding the process of cause identification and the study of work related accidents.

Keywords: occupational risk, event tree, hazards, mining