



Zeszyty Naukowe

Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią  
Polskiej Akademii Nauk

rok 2017, nr 101, s. 265–278

Michał DWORZAK\*, Dagmara NOWAK-SENDEROWSKA\*\*, Józef PYRA\*\*

## Analiza porównawcza zagrożeń występujących podczas wykonywania robót strzałowych w górnictwie odkrywkowym

Streszczenie: Statystyczny Polak spędza przeciętnie około 20% swojego życia na wykonywaniu pracy zawodowej, stąd działania pracodawcy, jego służb bhp i organów państwowej kontroli skupiają się nad zapewnieniem możliwie jak najbardziej bezpiecznych warunków środowiska pracy. Całkowite wyeliminowanie z otoczenia pracownika czynników, będących źródłem zagrożeń niebezpiecznych, szkodliwych bądź uciążliwych, w wielu przypadkach jest zadaniem trudnym, a często niemożliwym. Wynika to z faktu, iż dany czynnik stanowi może podstawową składową procesu technologicznego i nie może zostać wykluczony, tak jak to ma miejsce w przypadku prac szczególnie niebezpiecznych, np. podczas używania materiałów wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego. W takim wypadku szczegółowa identyfikacja oraz ocena poziomu zagrożeń, uwzględniająca wiedzę ekspercką z zakresu stosowanych środków strzałowych oraz technologii, stanowi przyczynek do wzrostu poziomu bezpieczeństwa pracownika pomimo stosowania niebezpiecznych substancji, niebezpiecznych środków pracy czy niebezpiecznych technologii.

W trakcie eksploatacji metodą odkrywkową jednym z najczęściej stosowanych sposobów odspojenia i rozdrobnienia złoża skalnego jest użycie materiałów wybuchowych. Taka technika urabiania powoduje konieczność zatrudnienia pracowników na stanowiskach specjalistycznych, na których występuje wiele zagrożeń tzw. ogólnokopalnianych oraz tych wynikających z bezpośredniej ekspozycji na czynnik niebezpieczny, jakim są środki strzałowe. W niniejszym artykule przedstawiono szczegółową identyfikację zagrożeń na stanowiskach związanych z używaniem materiałów wybuchowych, uwzględniającą wykonywane czynności podczas realizacji robót strzałowych w górnictwie odkrywkowym oraz zróżnicowanie tych zagrożeń w przypadku stosowania różnych systemów inicjowania materiałów wybuchowych. Po zidentyfikowaniu zagrożeń dokonano ich hierarchizacji z wykorzystaniem metody *Analytic Hierarchy Process* (AHP), która jest jedną z technik wielokryterialnego podejmowania decyzji, umożliwiającą bezpośrednio porównanie między sobą i szeregowanie według przyjętych kryteriów analitycznych. Na podstawie wyników przeprowadzonych analiz sporządzono ocenę macierzową dla wyznaczenia poziomu ryzyka zagrożeń dla specjalistycznego stanowiska pracy w ruchu odkrywkowego zakładu górniczego – górnika strzałowego.

Słowa kluczowe: zagrożenia, ryzyko, roboty strzałowe, górnictwo

\* Mgr inż., \*\* Dr inż., AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Kraków;  
e-mail: dworzak@agh.edu.pl

## Comparative analysis of hazards during blasting in opencast mining

**Abstract:** The statistical Pole spends an average of about 20% of his / her life on performance in a profession, hence the actions of the employer, its health and safety services and the state inspection bodies which are focused on ensuring the safest working environment. In many cases, this is a difficult task, and mostly impossible, to entirely eliminate the employee's environment factors that are a source of dangerous, harmful or burdensome hazards. This is due to the fact that a given factor may be an essential component of the technological process and cannot be excluded, as is the case for particularly hazardous professions, e.g. using explosives intended for civilian use. In this case, the thorough identification and meticulous evaluation of the hazard level, including expert knowledge of blasting materials/commercial explosives, and technology might contribute to an increase in the worker's safety despite the use of hazardous substances, hazardous working methods or hazardous technologies. During opencast mining one of the most commonly used methods of loosening and fragmentation of the rock massive is the blasting. Such an excavation technique makes it necessary to employ specialized workers, as they might encounter many threats, the so-called firmwide hazards and hazards arising from direct exposure to the dangers of blasting. This article presents the detailed identification of hazards in posts associated with the use of explosives, including the blasting operations in opencast mines and the diversification of these hazards when using different explosive initiation systems. Once identified, they were hierarchized using the Analytic Hierarchy Process (AHP), which is a multi-criteria decision-making technique that allows for direct comparison between each other and arranging them according to established analytical criteria. On the basis of the analysis results, a matrix assessment was carried out to determine the risk level for the specialist post in the mining operation of the opencast mine – blaster.

**Keywords:** hazard, risk, blasting, mining

## Wprowadzenie

Eksploatacja złóż surowców skalnych metodą odkrywkową w większości przypadków wiąże się ze stosowaniem materiałów wybuchowych (MW). Taka technika urabiania powoduje konieczność zatrudnienia pracowników na stanowiskach specjalistycznych, na których występuje wiele zagrożeń tzw. ogólnokopalnianych oraz tych wynikających z bezpośredniej ekspozycji na czynnik szczególnie niebezpieczny, jakim są środki strzałowe. Zapewnienie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa nieodzownie związane jest z ciągłym szkoleniem personelu mającego dostęp do MW oraz weryfikacją jego wiedzy i umiejętności z zakresu powierzonych mu obowiązków. Jednak od pewnego czasu można zauważyć działania zmierzające w przeciwnym kierunku, np.:

- wyeliminowanie osób dozoru ruchu w specjalności technika strzałowa,
- stwierdzanie niektórych kwalifikacji górniczych przez przedsiębiorcę.

Obecne regulacje prawne wprowadziły natomiast konieczność odbywania kursów specjalistycznych powtarzanych co 5 lat przez osoby kierownictwa i dozoru ruchu zakładu górniczego, których zakres czynności obejmować będzie zadania dotyczące techniki strzałowej ([Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 kwietnia 2013 r.](#)). Podobny zapis znalazł się również w [Rozporządzeniu Ministra Energii z dnia 9 listopada 2016 r.](#), który mówi, iż osoby zatrudnione na stanowisku kierownika działu obejmującego swoją właściwością sprawy techniki strzałowej muszą mieć ukończony kurs specjalistyczny dla osób kierujących działem techniki strzałowej. Niestety brak jest informacji o tematyce, jaka ma być poruszana na takim kursie oraz o podmiotach, które mogą takie kursy przeprowadzać (przy uzyskiwaniu dostępu do materiałów wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego – działalność pozagórnicza – takie wytyczne są określone). Rozporządzenie nie wyklucza również moż-

liwości przeprowadzenia takiego szkolenia przez samego przedsiębiorcę (dotyczy odkrywkowych zakładów górniczych). W przypadku osób wykonujących czynności specjalistyczne w ruchu odkrywkowego zakładu górniczego programy szkoleń dla strzałowego i wydawcy środków strzałowych są opiniowane przez urzędy górnicze.

Wszystkie te działania zmierzają do nadania szerszych uprawnień samym przedsiębiorcom. Po ich stronie leży odpowiedzialność za:

- odpowiedni dobór osób mających dostęp do środków strzałowych,
- sposób weryfikacji ich wiedzy,
- przeprowadzanie szkoleń.

Podstawowe wymagania i zasady bezpieczeństwa, jakie należy spełnić podczas wykonywania robót strzałowych są określone przez akty wykonawcze wydane na podstawie ustawy Prawo geologiczne i górnicze i dotyczą: przechowywania, przenoszenia, przewożenia i używania środków strzałowych w odkrywkowych zakładach górniczych. Ponadto niektóre koncerny zagraniczne, będące właścicielami odkrywkowych zakładów górniczych, dodatkowo wprowadzają zasady i reguły wykraczające poza zakres obowiązujących przepisów. Celem tych rozwiązań jest zwiększenie poziomu bezpieczeństwa w trakcie wykonywania robót strzałowych. Przykładem takich działań jest np. zabezpieczanie krawędzi ociosu poprzez wykonanie niewielkich nasypów czy umieszczanie specjalnych taśm na czas ładowania otworów strzałowych. Innym przykładem jest wypełnianie przez pracowników krótkich raportów przed rozpoczęciem pracy w celu wskazania przewidywanych zagrożeń i sposobów im przeciwdziałania.

Obok działań wspierających bezpieczeństwo pracy takich jak podane wyżej, pracodawca ma podstawowy obowiązek wynikający z art. 226. Kodeksu pracy ([Ustawa Kodeks pracy 1974](#)), na podstawie którego:

- ocenia i dokumentuje ryzyko zawodowe związane z każdą wykonywaną pracą oraz stosuje niezbędne środki profilaktyczne zmniejszające ryzyko,
- informuje pracowników o ryzyku zawodowym, które wiąże się z wykonywaną pracą oraz o zasadach ochrony przed zagrożeniami.

Odzwierciedleniem zapisów z KP są zapisy art. 117. Prawa geologicznego i górniczego ([Ustawa Prawo geologiczne i górnicze 2011](#)), gdzie pracodawca zobowiązany został do:

- posiadania dokumentu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia,
- rozpoznawania zagrożeń związanych z ruchem zakładu górniczego i podejmowania środków zmierzających do zapobiegania i usuwania tych zagrożeń,
- przeprowadzenia oceny i dokumentowania ryzyka zawodowego oraz stosowania niezbędnych rozwiązań zmniejszających to ryzyko.

Dla odkrywkowych zakładów prowadzących eksploatację górniczą jednym z najistotniejszych dokumentów zawierających kwestie bezpieczeństwa podczas wykonywania robót jest dokument bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, który jest zbiorem „wewnętrznych regulacji i dokumentów umożliwiających ocenę oraz dokumentowanie ryzyka zawodowego, a także stosowanie niezbędnych środków profilaktycznych zmniejszających to ryzyko w zakładzie górniczym” ([Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 kwietnia 2013 r.](#)). Jego zawartość określa załącznik nr 1 do ww. rozporządzenia, który obliuguje przedsiębiorcę górniczego do umieszczenia informacji o:

- strukturze organizacyjnej zakładu górniczego,
- opisie zagrożeń w zakładzie górniczym,
- osobach odpowiedzialnych za stan bezpieczeństwa i higieny pracy,
- sposobie oceny i dokumentowania ryzyka,
- opisie postępowania związanego z bezpiecznym prowadzeniem ruchu zakładu górniczego,
- opisie postępowania związanego z bezpieczeństwem zatrudnionych w ruchu zakładu górniczego,
- opisie postępowania w sytuacjach awaryjnych,
- sposobie aktualizacji dokumentu bezpieczeństwa.

Obowiązkiem kierownika ruchu zakładu górniczego jest zapoznanie każdego pracownika z zapisami w dokumencie bezpieczeństwa, a każdy pracownik zobowiązuje się do przestrzegania jego postanowień, potwierdzając to na piśmie własnym podpisem.

Wymiernym wynikiem wypełniania powyższych obowiązków jest ocena ryzyka występującego przy wykonywaniu prac przez wszystkich pracowników.

### **1. Identyfikacja zagrożeń związanych z używaniem MW na stanowiskach pracy**

Każde środowisko pracy charakteryzuje się występowaniem licznych czynników niebezpiecznych, które współwystępując w procesie pracy, mogą poprzez swoje oddziaływanie na pracownika prowadzić do bezpośredniego urazu (PN-Z-08052:1980 i PN-N-18001:2004), a co za tym idzie, skutkować powstaniem wypadku przy pracy (Ustawa z dnia 30 października 2002 r.). Należy zaznaczyć, że w przypadku górnictwa odkrywkowego ilość możliwych do zidentyfikowania czynników wpływających na poziom bezpieczeństwa jest znacząca ze względu na charakter środowiska pracy (wzrost wydajności w czasie topografii), stosowane maszyny i urządzenia (m.in. koparki, ładowarki, kruszarki, przesiewacze) oraz technologie (m.in. urabianie z użyciem MW, urabianie mechaniczne). Szczególny poziom zagrożeń związany jest z szerokim zastosowaniem materiałów wybuchowych, których to użycie stanowi podstawę technologii wydobywania w odkrywkowym górnictwie skalnym, a prace z nimi obarczone są zagrożeniami mogącymi prowadzić do wypadków śmiertelnych, ciężkich i zbiorowych (Ustawa z dnia 30 października 2002 r.).

Identyfikację zagrożeń na stanowiskach pracy w odkrywkowych zakładach górniczych związanych z użyciem materiałów wybuchowych można przeprowadzić, uwzględniając różne kryteria podziału, m.in. na:

- zagrożenia występujące na poszczególnych stanowiskach pracy, tj. specjalistyczne stanowiska robocze (osoba nadzorująca roboty strzałowe, górnik strzałowy, wydawca materiałów wybuchowych, pomocnik strzałowego) i stanowiska specjalistyczne nie uwzględnione bezpośrednio w przepisach górniczych (operator systemów MEMU, konwojent i kierowca składu MW),
- zagrożenia występujące w trakcie wykonywania poszczególnych czynności związanych z realizacją prac strzałowych w odkrywkowym zakładzie górniczym (transport

zewnątrzny po drogach publicznych, transport wewnątrzzakładowy, składowanie środków strzałowych, uzbrajanie materiałów wybuchowych i ich załadunek do otworów strzałowych, przygotowanie i połączenie sieci strzałowej, odpalanie ładunków MW, kontrola przodka po odstrzale oraz prace pomocnicze i awarie),

- zagrożenia występujące w wyniku zastosowanej technologii lub określonego rodzaju środka strzałowego (m.in. związane z mechanicznym załadunkiem MW emulsyjnych i amonowo-saletrzanych),
- zagrożenia, które mogą powodować określony rodzaj następstw (m.in. zagrożenia mogące z dużym prawdopodobieństwem prowadzić do wypadku śmiertelnego), przy jednoczesnym uwzględnieniu tzw. zagrożeń ogólnokopalnianych (np. wynikających ze zmiennych warunków atmosferycznych, możliwości upadku lub uderzenia odspojonym nawisem skalnym).

W niniejszym artykule zdecydowano dokonać identyfikacji zagrożeń na podstawie poszczególnych czynności podejmowanych podczas robót strzałowych w odkrywkowym zakładzie górniczym, rozwijając istniejące klasyfikacje (Kozioł i in. 2004).

Należy zaznaczyć, że prócz zagrożeń tzw. stanowiskowych przedstawionych w dalszych częściach niniejszego rozdziału, wyróżnić również można zagrożenia ogólnokopalniane, takie jak:

- upadek z wysokości w przypadku pracy w bezpośrednim sąsiedztwie górnej krawędzi skarpy,
  - możliwość uderzenia odłamkami lub odspojonymi nawisami skalnymi w przypadku pracy w bezpośrednim sąsiedztwie dolnej krawędzi skarpy,
  - zmiennie warunki atmosferyczne,
  - przetarcia i otarcia ostrymi krawędziami i szorstkimi powierzchniami,
  - zagrożenie potknięciem, poślizgnięciem lub upadkiem,
- które mogą wystąpić w prawie każdym z etapów robót strzałowych.

### 1.1. Istotne zagrożenia związane z transportem MW

Zagrożenia związane z transportem materiałów wybuchowych możemy podzielić na zagrożenia występujące w trakcie transportu zewnętrznego (po drogach publicznych) oraz wewnątrzzakładowego. Szczególne znaczenie w trakcie czynności związanych z transportowaniem materiałów niebezpiecznych mają zagrożenia transportowe prowadzące w następstwie do możliwości wystąpienia uszczerbku na zdrowiu pracownika w wyniku wypadku komunikacyjnego. Równie istotnym zagrożeniem w dobie szeroko rozpowszechnionego terroryzmu może być atak na konwojowany transport, tj. możliwość kradzieży lub napadu. Znaczące zagrożenie dla pracowników oraz osób postronnych może nieść także za sobą możliwość wystąpienia niekontrolowanej detonacji w wyniku zdarzenia komunikacyjnego lub upuszczenia środka strzałowego w trakcie załadunku lub wyładunku.

### 1.2. Istotne zagrożenia związane ze składowaniem środków strzałowych

Składowanie środków strzałowych może odbywać się w stacjonarnych lub ruchomych składach MW zakładu górniczego oraz w miejscu wykonywania robót strzałowych. Jako istotne zagrożenia związane ze składowaniem MW możemy wyróżnić przede wszystkim możliwość niekontrolowanej detonacji środka w przypadku upuszczenia lub uderzenia podczas przenoszenia MW lub zapłonu oraz detonacji w przypadku pożaru pojazdu stanowiącego ruchomy skład materiałów wybuchowych. Jako dodatkowe zagrożenie możemy wyróżnić również możliwość kradzieży materiałów niebezpiecznych, jak również wystąpienie podrażnienia skóry, dróg oddechowych oraz lekkiego zatrucia w wyniku np. częstego kontaktu z MW nitrogllicerynowymi. Należy również rozważyć możliwość zmiany parametrów składowanych środków strzałowych w następstwie działania czynników atmosferycznych w miejscu wykonywania robót strzałowych w przypadku skrajnych warunków (mróz, duża wilgotność lub wysoka temperatura), co może prowadzić do powstawania niewypałów lub nadmiernej wrażliwości środka strzałowego (np. dynamity w niskiej temperaturze).

### 1.3. Istotne zagrożenia związane z uzbrajaniem i załadunkiem do otworów strzałowych MW

W przypadku uzbrajania naboju w trakcie wykonywania pobudzaczy występuje możliwość mechanicznego uszkodzenia zapalnika, które w konsekwencji może prowadzić do powstania niewypału. Bezpośrednia praca manualna z nabojem może skutkować wystąpieniem podrażnień skóry oraz dróg oddechowych, jak również zatruciem lekkim (m.in. dynamity, trotyl). Znaczącym zagrożeniem jest możliwość niekontrolowanej inicjacji zapalnika lub uzbrojonego naboju poprzez m.in. działanie elektryczności statycznej i prądów błądzących w przypadku zapalników elektrycznych.

Wprowadzanie pobudzacza do otworu strzałowego może, prócz powyżej przedstawionych zagrożeń, doprowadzić do upuszczenia przewodów strzałowych do wnętrza otworu, co może skutkować powstaniem niewypału, tak samo jak możliwość zaczipowania odłamkiem skalnym nie w pełni załadowanego MW otworu strzałowego lub uszkodzonego środka inicjującego. W odniesieniu do wprowadzania ładunku udarowego możliwe jest przerwanie ciągłości linii strzałowej w wyniku przetarcia lub przerwania przewodów w otworze. Niekontrolowana detonacja może być spowodowana działaniem prądów błądzących i elektryczności statycznej (w przypadku zapalników elektrycznych) lub siłą udaru podczas uderzenia o dno otworu pobudzacza.

Załadunek zasadniczego materiału wybuchowego może występować jako:

- ręczny załadunek MW sypkich (m.in. ANFO) do otworów strzałowych,
- ręczny załadunek MW nabojujących do otworów strzałowych,
- mechaniczny załadunek MW granulowanych i emulsyjnych.

Jako ogólne zagrożenia występujące podczas wszystkich rodzajów załadunku można wymienić zagrożenie zablokowaniem otworu w następstwie dostania się do niego odłamka

skalnego w trakcie załadunku, możliwość uszkodzenia przewodu zapalnikowego podczas załadunku oraz możliwość niekontrolowanej detonacji. W przypadku ręcznego i mechanicznego załadunku MW granulowanych istnieje zagrożenie związane z możliwością podrażnienia dróg oddechowych i lekkiego zatrucia (pył saletry amonowej) wraz z możliwością zainicjowania wybuchu pyłu MW przez przypadkową inicjację elektryczności statycznej (dla MW typu ANFO). Stosując MW nabożowane, w przypadku otworów poziomych możliwe jest zaklinowanie ładunku MW, co w konsekwencji może prowadzić do niekontrolowanej detonacji w trakcie przepychania otworu nabijakiem. Szczególnymi zagrożeniami związanymi z mechanicznym załadunkiem MW jest możliwość zerwania zabezpieczeń rękawa produkcyjnego systemu mieszalniczo-załadawczego MW typu ANFO lub niebezpieczeństwo niekontrolowanego wyrzutu materiału wybuchowego emulsyjnego z węża załadawczego lub jego połączenia oraz możliwość „przeładowania” otworu strzałowego w przypadku spękanej calizny skalnej i niewystarczającej uwagi operatora podczas załadunku.

#### *1.4. Istotne zagrożenia związane z odpalaniem ładunków MW*

W przypadku odpalania ładunków MW z wykorzystaniem elektrycznego systemu inicjowania szczególne zagrożenie stanowią prądy błądzące, elektryczność statyczna oraz fale elektromagnetyczne, które mogą doprowadzić do niekontrolowanego zainicjowania MW (wraz z wyładowaniami atmosferycznymi). Charakterystyka elektrycznego sposobu odpalania ładunków MW powoduje, iż dodatkowe zagrożenie stanowi możliwość wystąpienia zróżnicowanej rezystancji w ramach danej klasy zapalników oraz możliwości wystąpienia wady lub złego doboru elektrycznego sprzętu strzałowego, co w konsekwencji może prowadzić do powstania niewypałów lub niekontrolowanej detonacji.

W trakcie odpalania występuje bezpośrednie zagrożenie związane z nadmiernym rozrzutem odłamków skalnych, które mogą stanowić niebezpieczeństwo nie tylko dla załogi, ale i osób przebywających w otoczeniu zakładu górniczego. Dodatkowymi zagrożeniami są m.in. nadmierne zapylenie i emisja gazów postrzałowych (możliwość podrażnienia słuchówki, zaproszenia oczu, zatrucie) oraz nadmierny hałas podczas detonacji ładunków MW (hałas impulsowy).

W przypadku stosowania nieelektrycznego systemu inicjowania zagrożenie stanowi m.in. możliwość zaniku przenoszenia impulsu w sieci strzałowej (poprzez przerwy w napyłonej warstwie MW w przewodzie sygnałowym), co w konsekwencji prowadzi do powstania niewypałów.

#### *1.5. Istotne zagrożenia związane z kontrolą przodka po odstrzale*

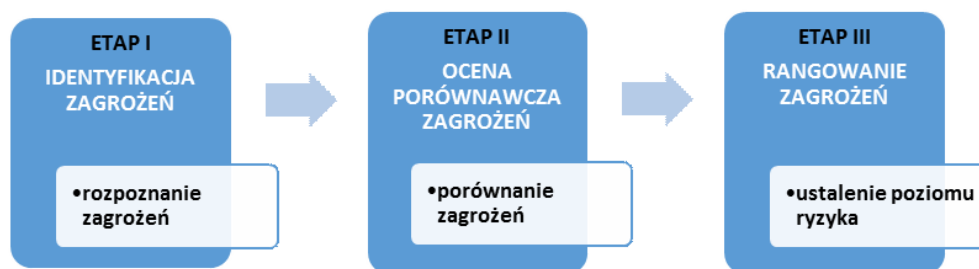
Każdorazowo po odstrzale kontrolę przodka wykonuje górnik strzałowy przed nadaniem sygnału odwoławczego. Zagrożenia występujące podczas tej czynności strzałowej związane są głównie z możliwością niekontrolowanej detonacji ewentualnego niewypału (zlokalizowanego np. w urobku) oraz przede wszystkim zagrożenie związane z nadmiernym

zapyleniem pyłem kamiennym oraz emisją gazów postrzałowych (podrażnienie śluzówki, zaprószenie oczu, zatrucie).

## 2. Zarys metodyki oceny zagrożeń

Tok postępowania, zaproponowany w niniejszej publikacji, do przeprowadzenia oceny wybranych zagrożeń przy wykonywaniu robót strzałowych w górnictwie odkrywkowym można podzielić na następujące etapy:

- Etap I – polegający na rozpoznawaniu zagrożenia wraz z określeniem jego charakterystyki, najczęściej przyczyn, możliwości wystąpienia i potencjalnych skutków na podstawie analizy głównie czynności, sposobów i warunków wykonywania pracy przez pracownika – nazwany **identyfikacją zagrożeń**.
- Etap II – polegający na wzajemnym porównaniu wybranych parametrów zagrożeń według przyjętych kryteriów oceny i skali porównawczej – nazwany **oceną porównawczą zagrożeń**.
- Etap III – obejmujący ustalenie poziomu ryzyka, wynikającego z występowania analizowanych zagrożeń – nazwany **rangowaniem zagrożeń** (rys. 1).



Rys. 1. Etapy oceny zagrożeń

Fig. 1. Stages of hazards assessment

Analiza po kątem ustalenia wpływu poszczególnych zagrożeń na poziom ryzyka zawodowego na stanowisku pracy została wykonana na podstawie zaproponowanej struktury hierarchicznej (rys. 2), która zawiera kryterium główne określone jako poziom ryzyka oraz dwa nadrzędne kryteria:

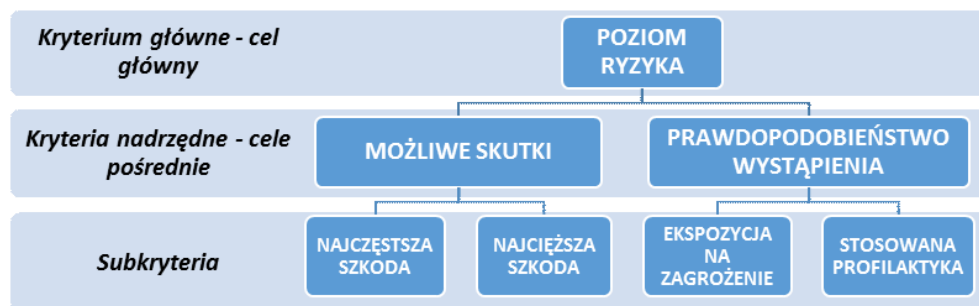
- prawdopodobieństwo zajścia niebezpiecznego wydarzenia,
- wielkość powodowanych przez to zdarzenie strat.

Każde z tych kryteriów zostało rozwinięte z wykorzystaniem tzw. subkryteriów:

- najcięższa szkoda,
- najczęstsza szkoda,
- ekspozycja na zagrożenie,
- stosowana profilaktyka (Korzeniowski i Nowak-Senderowska 2014).

Oceny poziomu ryzyka zawodowego w ramach powyższej struktury hierarchicznej dokonuje się przez porównania parami na każdym poziomie modelu. Do tego zabiegu wykorzystuje się skalę porównań Saaty'ego (tab. 1).





Rys. 2. Struktura hierarchiczna problemu

Fig. 2. Hierarchical structure of the problem

TABELA 1. Skala porównań (Saaty 1990)

TABLE 1. Saaty's scale of comparisons

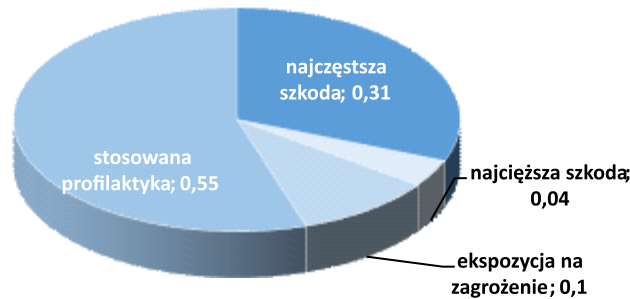
Liczbowa skala ważności	Definicja	Opis ważności/pierwszeństwa dwóch elementów A i B
1	równoważność	oba elementy A i B są jednakowo ważne
3	nieznaczna przewaga	element A jest nieznacznie ważniejszy niż element B
5	wyraźna przewaga	element A jest wyraźnie ważniejszy niż element B
7	bardzo wyraźna przewaga	element A ma bardzo wyraźną przewagę nad elementem B
9	absolutna przewaga	element A ma zdecydowaną przewagę nad elementem B

Konstrukcja drzewa hierarchicznego oraz określanie ważności poszczególnych zagrożeń w powyższej skali Saaty'ego zostało wykonane przez zespół pięciu ekspertów z zakresu techniki strzałowej i bezpieczeństwa pracy. Pomimo niewielkiej grupy eksperckiej konsekwencje wyborów w porównywaniu parami są potwierdzone wskaźnikami spójności CR (ang. *Consistency Ratio*), definiowanymi jako stosunek współczynnika niespójności do indeksu losowej zgodności, poniżej 0,1.

### 3. Analiza wybranych zagrożeń

Przystępując do analizy porównawczej zagrożeń w pierwszej kolejności należy, wykorzystując drzewo hierarchiczne dla analizowanego problemu (Korzeniowski i Nowak-Senderowska 2012), ustalić istotność kryteriów, jakimi będzie się kierować przy hierarchizacji zagrożeń występujących przy robotach strzałowych. Ranking tych kryteriów obrazuje rysunek 3.

W niniejszym artykule przedstawiono ocenę wybranych zagrożeń dla jednego ze specjalistycznych stanowisk pracy w ruchu odkrywkowego zakładu górniczego związanego z zastosowaniem materiałów wybuchowych, tj. górnika strzałowego. W analizie przyjęto, iż ocena dotyczyć będzie prac strzałowych, które charakteryzują się:



Rys. 3. Ranking subkryteriów przy hierarchizacji zagrożeń przy robotach strzałowych

Fig. 3. Criteria ranking for threat hierarchy in blasting

- wykonywaniem robót strzałowych metodą długich otworów strzałowych pionowych,
- inicjowaniem zasadniczego materiału wybuchowego systemem nieelektrycznym z inicjacją dolną (w tym górny ładunek pobudzający – trotylowy – pełniący funkcję bezpiecznika),
- tylko transportem wewnątrzskładowym oraz poborem środków strzałowych z ruchomego składu MW – pracownik jako kierowca lub pasażer ruchomego składu MW,
- mechanicznym załadunkiem MW zasadniczego typu ANFO luzem – pracownik jako operator urządzenia MEMU.

Szczegółową identyfikację zagrożeń dla stanowiska górnika strzałowego, uwzględniającą realizowane przez niego czynności w trakcie wykonywania robót strzałowych, z zastosowaniem określonych środków technicznych oraz organizacyjnych, przedstawiono w tabeli 2. Należy nadmienić, iż identyfikowane zagrożenia ograniczają się do ryzyka związanego z realizowanymi robotami strzałowymi i nie obejmują tzw. zagrożeń ogólnokopalnianych oraz występujących nieprzerwanie na każdym etapie robót strzałowych, takich jak m.in.:

- stres psychiczny wynikający ze styczności z materiałami niebezpiecznymi,
- zmienne warunki atmosferyczne,
- możliwość potknięcia, poślizgnięcia, upadku,
- upadek z wysokości (w przypadku pracy w bezpośrednim sąsiedztwie górnej krawędzi skarpy),
- możliwość uderzenia odłamkami i nawisami skalnymi (w przypadku pracy w bezpośrednim sąsiedztwie dolnej krawędzi skarpy),
- przetarcia i otarcia ostrymi krawędziami i szorstkimi powierzchniami.

Na potrzeby wykonania analizy porównawczej i czytelności otrzymanych z niej wyników zidentyfikowane zagrożenia podzielono na dwie grupy:

- zagrożenia technologiczne (grupa I), wynikające ze sposobu urabiania i używanych materiałów – kontakt z substancją chemiczną, niekontrolowana detonacja lub zapłon środka strzałowego, wybuch pyłu MW;
- zagrożenia emisyjne (grupa II), związane z wprowadzeniem do środowiska czynników oddziałujących na pracownika – zapylenie, hałas, powietrzna fala uderzeniowa, drgania parasejsmiczne, rozrzut odłamków, emisja gazów postrzałowych.

TABELA 2. Identyfikacja zagrożeń na stanowisku górnika strzałowego w odniesieniu do poszczególnych czynności realizowanych przez pracownika w trakcie wykonywania robót strzałowych

TABLE 2. Identification of hazards at the blasting minter's position in relation to the individual activities carried out by an employee during blasting

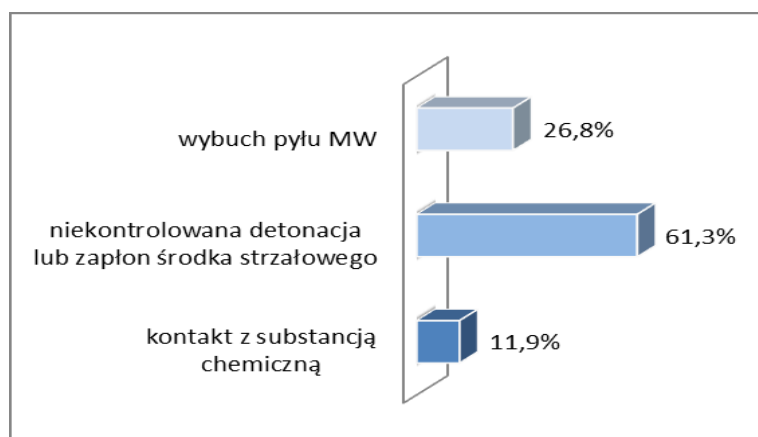
Etap robót strzałowych		Czynności realizowane przez górnika strzałowego	Przyczyny (źródła) zagrożeń związanych z robotami strzałowymi	Identyfikacja zagrożeń przy robotach strzałowych
1		2	3	4
1.	Transport wewnątrzzakładowy środków strzałowych ruchomym składem MW i składowanie środków strzałowych	transport środków strzałowych po zakładzie górniczym (wyrobisku)	→ ruch pojazdów mechanicznych.	→ kontakt z substancją chemiczną,
		pobranie środków strzałowych z ruchomego składu MW; wyładunek i składowanie środków strzałowych w miejscu wykonywania robót strzałowych	→ środek strzałowy jako substancja chemiczna (wyładunek TNT), → upuszczenie lub uderzenie środka strzałowego, → działanie czynników atmosferycznych (deszcz, wysoka lub niska temperatura), → dostęp osób trzecich do środków strzałowych.	→ niekontrolowana detonacja lub zapłon środka strzałowego,
2.	Uzbrajanie pobudzaczy i załadunek MW do otworów strzałowych	wykonywanie naboju udarowych	→ uszkodzenie środka, → upuszczenie lub uderzenie zapalnika lub/i pobudzacza, → środek strzałowy jako substancja chemiczna.	→ wybuch pyłu MW,
		wprowadzenie pobudzacza do otworu strzałowego	→ upuszczenie przewodów zapalnikowych do otworu strzałowego, → przerwanie ciągłości linii strzałowej w otworze, → zaczopowanie otworu strzałowego odłamkiem skalnym, → uszkodzony środek inicjujący, → uderzenie uzbrojonego ładunku udarowego (o dno otworu strzałowego lub przez upuszczenie), → środek strzałowy jako substancja chemiczna.	→ zapylenie,  → hałas,  → powietrzna fala uderzeniowa,
		mechaniczny załadunek MW granulowanych	→ środek strzałowy jako substancja chemiczna, → zaczopowanie otworu strzałowego, odłamkiem skalnym, → pył MW.	→ drgania parasejsmiczne,
3.	Wykonanie przybitki	ręczne wykonanie przybitki (kruszywo o drobnej frakcji)	→ brak (wyłącznie zagrożenia ogólnokopalniane).	→ rozrzut odłamków,

TABELA 2. cd

TABLE 2. cont.

1		2	3	4
4.	Przygotowanie i połączenie nieelektrycznej sieci strzałowej		<ul style="list-style-type: none"> <li>→ wada środka inicjującego,</li> <li>→ wadliwe połączenie sieci powierzchniowej.</li> </ul>	→ emisja gazów postrzałowych.
5.	Odpalanie ładunków MW w otworach strzałowych	Odpalanie nieelektryczne	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ wada środka inicjującego lub MW,</li> <li>→ dyssypacja energii detonacji,</li> <li>→ wyładowania atmosferyczne,</li> <li>→ rozkruszenie ośrodka skalnego,</li> <li>→ chemiczna dekompozycja MW.</li> </ul>	
6.	Kontrola przodka po odstrzale		<ul style="list-style-type: none"> <li>→ niewypał,</li> <li>→ gazy uwięzione w usypie urobku.</li> </ul>	

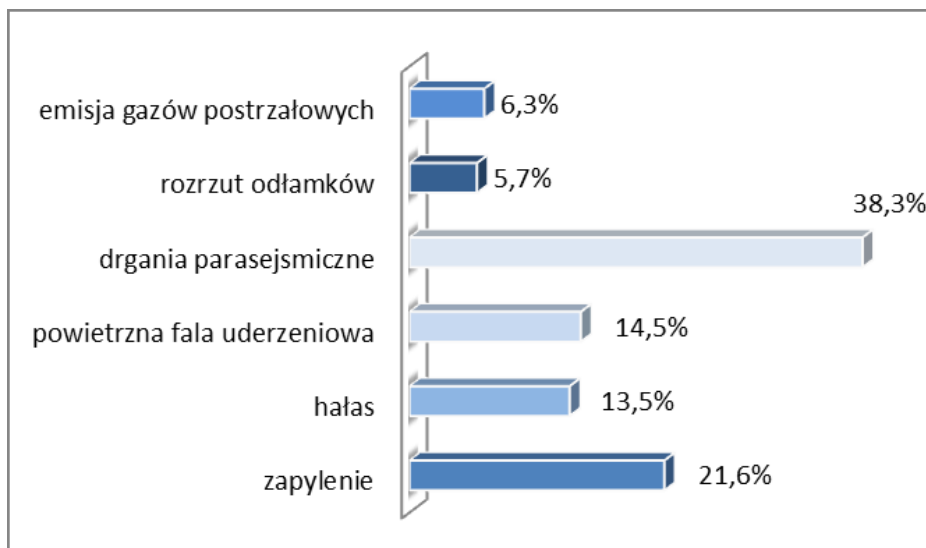
Przedmiotowa analiza uwzględniająca czynności związane z używaniem MW na górnym stanowisku pracy za dominujące spośród zagrożeń grupy I wskazała „niekontrolowaną detonację lub zapłon środka strzałowego” (rys. 4), a spośród grupy II „drżania parasejsmiczne” (rys. 5).



Rys. 4. Współczynniki hierarchii analizowanych zagrożeń – grupa I

Fig. 4. Coefficients of hierarchy analyzed hazards – group I

Powyższe wyniki wydają się być rozbieżne z intuicyjną oceną ważności poszczególnych zagrożeń górniczych, wskazując wysoki wpływ zjawiska drgań parasejsmicznych na ogólny poziom bezpieczeństwa. Biorąc pod uwagę kryterium przyjęte w ocenie (waga równa 0,55 dla istniejącej profilaktyki zagrożeń) oraz brak możliwych działań zmniejszających poziom



Rys. 5. Współczynniki hierarchii analizowanych zagrożeń – grupa II

Fig. 5. Coefficients of hierarchy analyzed hazards – group II

ryzyka, zagrożenie sejsmiczne otrzymało największy współczynnik hierarchii grupy II, stając się zagrożeniem dominującym.

### Podsumowanie

Zaprezentowana na rysunku 4 hierarchia zagrożeń grupy I, zidentyfikowanych na stanowisku pracy górnika strzałowego, uwzględniająca wzajemne porównania, wskazuje, że:

- zagrożenie „niekontrolowana detonacja lub zapłon środka strzałowego” jest najistotniejsze na tym stanowisku, otrzymując wskaźnik 61,3%,
- drugim w kolejności istotnym zagrożeniem, ze wskaźnikiem 26,8%, jest „wybuch pyłu MW”,
- najniższy wskaźnik ryzyka zawodowego równy 15% przypisano zagrożeniu „kontakt z substancją chemiczną”.

Hierarchia zagrożeń w grupie II (rys. 5), zidentyfikowanych na stanowisku górnika strzałowego i uwzględniająca wzajemne ich porównania, wskazuje, że:

- zagrożenie „drgania parasejsmiczne” o wskaźniku 38,3% jest najistotniejsze na tym stanowisku,
- drugim w kolejności istotnym zagrożeniem, ze wskaźnikiem 21,6%, jest „zapylenie”,
- kolejnymi zagrożeniami są „hałas” i „powietrzna fala uderzeniowa” ze wskaźnikami odpowiednio 13,5% i 14,5%,
- najniższe wskaźniki ryzyka zawodowego równe 6,3% oraz 5,7% przypisano zagrożeniom „emisja gazów postrzałowych” oraz „rozzrut odłamków”.

Metoda AHP cechuje się wieloma zaletami i szeroką przydatnością. W analizowanym przypadku uwidaczniają się następujące jej walory:

- jest łatwa,
- nie wymaga zaawansowanego aparatu matematycznego,
- pozwala ustalić hierarchię dowolnie wybranej liczby zagrożeń,
- umożliwia zmianę kryteriów oceny.

Ponadto wykorzystanie struktur hierarchicznych pozwala na uproszczenie analizy, która obejmuje wiele kryteriów w ocenie, pozwala na indywidualne podejście do rozwiązywania problemu oraz głębsze zrozumienie złożonych zagadnień, takich jak ocena zagrożeń przy pracach z wykorzystaniem niebezpiecznych środków pracy. Ocena zagrożeń w takich branżach jak górnictwo cechuje się dużą ilością czynników niebezpiecznych w środowisku pracy i wysokim poziomem ryzyka, dlatego powinna być przedmiotem szczególnej troski przedsiębiorcy. Wypadki przy pracy, powodowane przez zagrożenia o dużym ryzyku zawodowym, niosą duże szkody na zdrowiu i życiu załogi, co skutkuje również znacznymi stratami ekonomicznymi dla przedsiębiorstw. Zatem osiągnięcie celu, jakim jest praca bezwypadkowa, wydaje się możliwe przez kształcenie i szkolenie pracowników w kierunku nabywania świadomości o rozmiarach zagrożeń i ich profilaktyce.

### Literatura

- Korzeniowski, W. i Nowak-Senderowska, D. 2012. Możliwości wykorzystania metody AHP do określania wpływu poszczególnych zagrożeń na poziom ryzyka na stanowisku pracy. *Przegląd Górniczy* t. 68, nr 12, s. 145–151.
- Korzeniowski, W. i Nowak-Senderowska, D. 2014. Algorytm oceny zagrożeń zawodowych na górnym stanowisku pracy. *Rudy i Metale Nieżelazne* R. 59, nr 10, s. 481–488.
- Koziół i in. 2004 – Koziół, W., Hebda, A., Lewicki, J. i Kawalec, P. 2004. Ryzyko zawodowe w odkrywkowych zakładach górniczych. Metoda oceny dla zagrożeń ogólnokopalnianych i stanowiskowych ze szczególnym uwzględnieniem zagrożeń spowodowanych robotami strzałowymi. *Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Seria z Lampką Górniczą* nr 22, Kraków.
- PN-N-18001:2004 Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy – Wymagania.
- PN-Z-08052:1980 Ochrona pracy. Niebezpieczne i szkodliwe czynniki występujące w procesie pracy. Klasyfikacja.
- Rozporządzenia Ministra Energii z dnia 9 listopada 2016r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących przechowywania i używania środków strzałowych i sprzętu strzałowego w ruchu zakładu górniczego, Dz.U. z 2017 r., poz. 321 – data wejścia w życie: 01.07.2017.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 kwietnia 2013 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu odkrywkowego zakładu górniczego, Dz.U. 2013, poz. 1008.
- Saaty, T.L. 1990. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research* 48, s. 9–26.
- Ustawa Kodeks pracy z dnia 26.06.1974 r., Dz.U. Nr 21, poz. 94, z późn. zm.
- Ustawa Prawo geologiczne i górnicze z dnia 9 czerwca 2011 r., Dz.U. Nr 163, poz. 981.
- Ustawa z dnia 30 października 2002 r. o ubezpieczeniu społecznym z tytułu wypadków przy pracy i chorób zawodowych (Dz.U. 2009, nr 167, poz. 1322).