

Józef PARCHAŃSKI

Politechnika Śląska, Gliwice

## OCENY RYZYKA WYPADKOWEGO - METODA GRAFICZNA

**Streszczenie.** W artykule przeprowadzono ocenę wypadkowości na podstawie wskaźników wypadkowości oraz przedstawiono nowe podejście oceny ryzyka wypadkowego metodą graficzną na podstawie wybranych wskaźników (częstości i ciężkości wypadków) używanych w ocenie wypadkowości. Na przykładzie kopalń węgla kamiennego dokonano szacowania ryzyka wypadkowego i określono trzy sposoby jego klasyfikacji.

## ASSESSMENT OF ACCIDENTS RISK – A GRAPHICAL METHOD

**Summary.** The paper presents a method of accidents rate assessment on the basis of accidents indexes and a new approach to the risk assessment with use of a graphical method based on selected indexes (frequency and heaviness of accidents) being used in the analysis of accidents. On the basis of coal mines an assessment of accidents has been carried out. Moreover, three methods of its classification have been described.

### 1. Wprowadzenie

Do obowiązków pracodawcy należy informowanie pracowników o występującym w zakładzie pracy ryzyku zawodowym [3]. Miarą stanu bezpieczeństwa pracy oraz ryzyka zawodowego są wskaźniki wypadkowości, obliczane w odniesieniu do wypadkowości śmiertelnej i ciężkiej oraz chorób zawodowych, jak również stanu zatrudnienia w warunkach zagrożenia i narażenia na czynniki szkodliwe. Ryzyko wypadkowe określa się również na podstawie wymienionych wskaźników, jednakże przy dużej dynamice zmian składników, które umożliwiają obliczanie poszczególnych wskaźników, (w ocenianej strukturze przedsiębiorstwa czy branży) oraz wybiórczej prezentacji i interpretacji wskaźników może prowadzić do oceny błędnej.

Zachodzące procesy transformacji gospodarki w Polsce, w tym i procesy restrukturyzacji kopalń cechują się dużą dynamiką zmian czynników, które wpływają zarówno na bezpieczeństwo pracy, jak i na parametry jego oceny [2, 4].

Z uwagi na zachodzące zmiany w niniejszym artykule dokonano analizy wskaźników wypadkowości i wychodząc z definicji ryzyka przeprowadzono ocenę ryzyka wypadkowego na podstawie dwóch wybranych wskaźników wypadków – częstości i ciężkości w ujęciu analitycznym i graficznym [5].

## 2. Wypadkowość a wskaźniki wypadkowości

W okresie restrukturyzacji polskich kopalń (od roku 1993) obserwuje się spadek wypadkowości bezwzględnej, w tym ciężkiej oraz śmiertelnej (2000 r. wzrost). Odzwierciedleniem tego stanu są wartości wskaźników wypadków (tab. 1, rys. 1).

We wskaźnikowej ocenie wypadkowości w odniesieniu do kopalń węgla kamiennego używa się wskaźników częstości i ciężkości wypadków oraz wskaźnika strat (sporadycznie):

$$1. \text{ wskaźnik częstości wypadków na 1000 zatrudnionych - } W_z = \frac{W}{Z} \cdot 10^3$$

$$2. \text{ wskaźnik częstości wypadków na 1 mln ton - } W_t = \frac{W}{T} \cdot 10^6$$

$$3. \text{ wskaźnik częstości wypadków na 100 000 rbdn - } W_G = \frac{W}{G} \cdot 10^5$$

$$4. \text{ wskaźnik częstości wypadków śmiertelnych - } W_{Tss} = \frac{W_{sm}}{T} \cdot 10^6$$

$$5. \text{ wskaźnik ciężkości wypadków - } C = \frac{D_s}{W - W_{sm}}$$

$$6. \text{ wskaźnik strat - } W_{US} = W_z \cdot 10^{-3} \cdot C \approx \frac{D_s}{Z},$$

gdzie:

W- liczba wypadków,

$W_{sm}$  - liczba wypadków śmiertelnych,

T - liczba ton węgla wzbogaconego (handlowego),

Z - liczba załogi kopalni,

D - liczba roboczodniówek przepracowanych przez całą załogę kopalni.

$D_s$  - suma dni niezdolności do pracy wskutek wypadków.

Spośród wymienionych wskaźników wszystkie, z wyjątkiem wskaźnika częstości wypadków WT i WTśm, mają zastosowanie w innych branżach.

Z danych zamieszczonych w tab. 1 i na rys. 1 wynika, że przyrosty bezwzględne poszczególnych wartości wskaźników różnią się zarówno w poszczególnych latach, jak i pomiędzy sobą. Od roku 1992 największy ujemny przyrost  $-72,2\%$  odnosi się do wskaźnika częstości wypadków WT, który zmalał z wartości 131,5 do 36,5. W tym samym czasie wskaźnik WZ zmalał o 57,9%, a wskaźnik WG o 55,9%. Natomiast wskaźnik WUS od 92 do 1999 roku zmalał o 44,1% przy czym największe ujemne przyrosty wskaźnika następują po roku 1997. Odmienne dla tego okresu kształtuje się wartość wskaźnika ciężkości wypadków, która systematycznie wzrasta z wartości 40,0 w roku 1992 do 64,1 w roku 1999 – przyrost 60,1%.

Na podstawie wskaźników częstości wypadków można twierdzić, że zagrożenie wypadkowe w KWK zmniejsza się. Natomiast rozpatrując poszczególne wskaźniki częstości wypadków oraz wskaźnik ciężkości wypadków, którego wartość ma trend rosnący, trudno jednoznacznie określić, jak kształtuje się poziom zagrożenia wypadkowego w kopalniach, gdyż częstość wypadków zmniejsza się, a ciężkość rośnie.

Aktualne metody oceny ryzyka wypadkowego (zawodowego) opierają się na wskaźnikach częstości WZ. Nie daje to pełnego odzwierciedlenia definicji ryzyka, gdyż rozpatruje się tylko częstość (jako prawdopodobieństwo) zdarzeń, oddzielnie wypadków śmiertelnych, ciężkich i lekkich bez uwzględnienia ciężkości obrażeń, gdyż ta zawarta jest w rodzaju oddzielnie rozpatrywanych wypadków.

Należy zaznaczyć, że jeśli w odniesieniu do wskaźników częstości wypadków określa się poziomy ryzyka akceptowalnego, tolerowanego i nietolerowanego, to w odniesieniu do wskaźnika ciężkości poziomów takich nie określono.

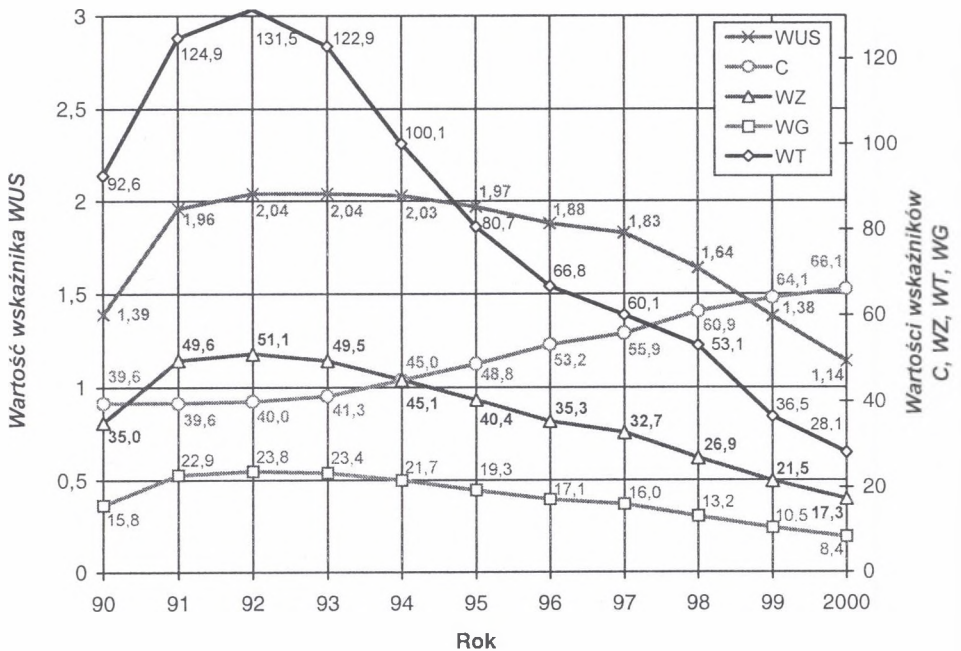
Spośród wymienionych wskaźników definicję ryzyka wypadkowego najlepiej opisuje wskaźnik WUS, który jest iloczynem wskaźnika  $WZ \cdot 10^{-3}$  i wskaźnika C (prawdopodobieństwo i skutki).

Analizując przebieg krzywej wskaźnika WUS można zauważyć np. w roku 1990 i 1999 zbliżone jego wartości, gdy równocześnie czynniki mnożenia wskaźnika w tychże latach posiadają wartości odwrotnie proporcjonalne. Przykładowo, gdy wartość WUS wynosiła 1,39, to  $WZ = 35,0$  i  $C = 39,6$ , natomiast dla wartości wskaźnika 1,38  $WZ = 21,5$  a  $C = 64,1$ . Z powyższego przykładu trudno jednoznacznie określić, czy ryzyko wypadkowe jest rzeczywiście jednakowe.

Tabela 1

Wartości wskaźników wypadkowości w zakładach górniczych (KWK) [1, 2]

Lp.	Rok	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00
1	Liczba wypadków	13296	17509	17205	15964	13217	11014	9164	8014	6094	4056	2714
2	Liczba wypadków śmiertelnych	103	67	51	61	34	33	48	20	32	20	28
5	Liczba wypadków ciężkich	342	202	141	106	90	65	46	29	39	36	17
6	Wskaźnik $W_Z$	35,0	49,6	51,1	49,5	45,1	40,4	35,3	32,7	26,9	21,5	17,3
7	Wskaźnik $W_T$	92,6	124,9	131,5	122,9	100,1	80,7	66,8	60,1	53,1	36,5	28,1
8	Wskaźnik $W_G$	15,8	22,9	23,8	23,4	21,7	19,3	17,1	16,0	13,2	10,5	8,4
9	Wskaźnik $C$	39,6	39,6	40,0	41,3	45,1	48,8	53,2	55,9	60,9	64,1	66,1
10	Wskaźnik $W_{US}$	1,39	1,96	2,04	2,04	2,03	1,97	1,88	1,83	1,64	1,38	1,14
11	$W_R = W_Z \times C$	1386	1964	2044	2044	2034	1972	1878	1828	1638	1378	1144



Rys. 1. Wskaźniki wypadkowości w kopalniach węgla kamiennego za lata 1990-2000

Fig. 1. Accidents indexes in coal mines for years 1990-2000

## 2. Ryzyko wypadkowe w ujęciu graficznym

Powyżej wykazano, że algebraiczne odwzorowanie ryzyka wypadkowego za pomocą wskaźnika  $W_{US}$  jest niejednoznaczne, gdyż przy różnych trendach wzrostu poszczególnych jego wskaźników składowych wynik mnożenia może być taki sam, a ryzyko w ujęciu jakościowym różne. Dla takiego stanu nie ma określonej „wagi”, kiedy poszczególne ujemne przyrosty wartości wskaźników częstości wypadków są tożsame z dodatnim przyrostem wartości wskaźnika ciężkości wypadków.

Algebraicznym odwzorowaniem ryzyka wypadkowego w ujęciu wskaźnikowym może być wskaźnik  $W_R$ , którego wartość jest  $10^3$  razy większa od wskaźnika  $W_{US}$ , gdyż jest wynikiem mnożenia wskaźnika  $W_Z \cdot C$ .

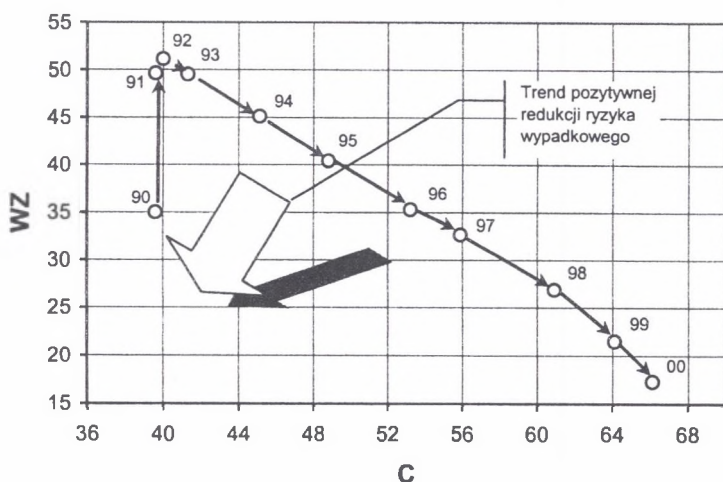
W takim ujęciu ryzyko wypadkowe  $R_w$  ma również sens geometryczny, co można przedstawić graficznie w postaci wykresu. Na wykresie osią odciętych będzie wskaźnik ciężkości obrażeń  $C$ , a osią rzędnych wskaźnik częstości wypadków  $W_Z$ , stosowany w statystyce wypadkowej we wszystkich sekcjach działalności gospodarczej. Odnosząc poszczególne wartości wskaźników, w przyjętym układzie współrzędnych, na wykresie otrzymamy punkty określające ryzyko wypadkowe w danym roku (rys. 2). Jeśli połączymy punkty odnoszące się do poszczególnych lat, możemy otrzymać krzywą funkcji  $W_Z(C)$ , ryzyka wypadkowego. Zaletą takiego ujęcia zagadnienia jest jego przejrzystość, co ułatwia prowadzenie odpowiednich analiz i interpretacji otrzymanych wyników.

Na rys. 2 widać przemieszczanie się punktów opisujących ryzyko wypadkowe, w poszczególnych latach (dane z tab. 1). Powyżej omawiano przykład dla roku 1990 i 1995, gdy wartości obliczonego ryzyka były zbliżone. Na wykresie natomiast punkty tych wartości, pomimo algebraicznej (zbliżonej) równości znajdują się w bardzo odległych i jakościowo różnych miejscach.

Z wykresu wynika również, że w statystyce wypadkowej odnotowujemy coraz mniej wypadków, jednakże ciężkość obrażeń systematycznie rośnie. Można też wnioskować, że przy zmniejszającej się liczbie wypadków relatywnie zmniejsza się tylko liczba wypadków lekkich, z małą absencją wypadkową [4].



Z wykresu wynika również, że ocena ryzyka wypadkowego oparta tylko na wskaźniku częstości wypadków  $W_Z$  (oraz na innych wskaźnikach częstości) może prowadzić do wniosków błędnych, gdyż równocześnie wzrasta ciężkość obrażeń, a tym samym i liczba wypadków ciężkich. Przy pozytywnej redukcji ryzyka wypadkowego winny maleć oba wymienione wskaźniki, a trend ich zmian powinien przebiegać zgodnie z zamieszczonymi na rys. 2 zwrotami strzałek.



Rys. 2. Kształtowanie się wartości wskaźników C i  $W_Z$  w kopalniach węgla kamiennego w latach 1990 – 2000

Fig. 2. Values of C and  $W_c$  indexes in coal mines for years 1990 – 2000

#### 4. Ocena ryzyka wypadkowego na przykładzie kopalń węgla kamiennego

Na rys. 2 punkty określające poszczególne lata odnoszą się do średnich wartości wymienionych wskaźników dla KWK. Na wartość średnią składają się wartości wskaźników wszystkich kopalń. Rozwinięciem tego zagadnienia jest przedstawienie, w takim samym układzie współrzędnych, dla poszczególnych lat, relacji wskaźników  $W_Z$  oraz C poszczególnych kopalń (rys. 3).

W celu oceny i różnicowania ryzyka wypadkowego powierzchnię wykresu można podzielić na charakterystyczne obszary trzema sposobami.

Sposób pierwszy. Punkt główny dzieli nam powierzchnię wykresu na 4 obszary:

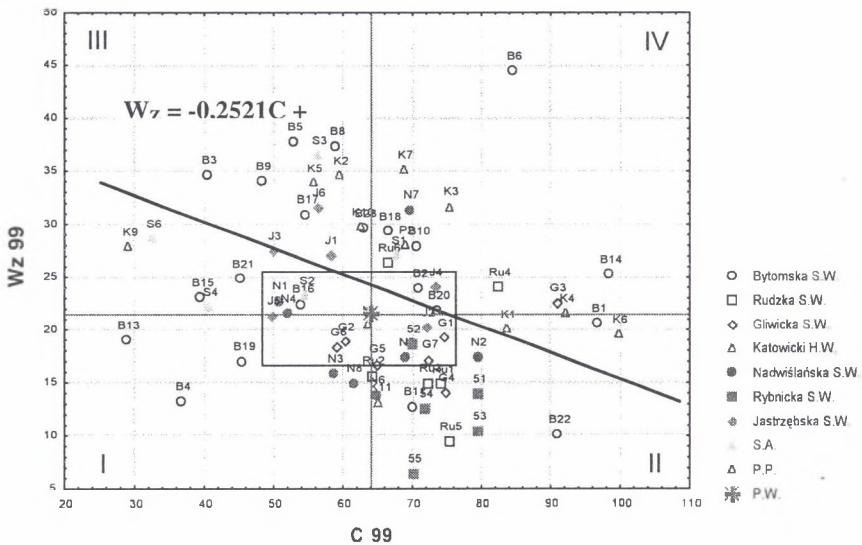
- obszar I, wartości wskaźników C i  $W_z$  mniejsze od wartości średniej;
- obszar II, wartość wskaźnika C większa a  $W_z$  mniejsza od wartości średniej,
- obszar III, wartość wskaźnika C mniejsza a  $W_z$  większa od wartości średniej,
- obszar IV, wartości wskaźników  $W_z$  i C większe od wartości średniej.

W zależności od usytuowania względem punktu określającego wartość średnią (dla wszystkich kopalń) w odniesieniu do obszaru I oraz IV można mówić o ryzyku wypadkowym niskim lub wysokim. Sporny pod względem określenia ryzyka wypadkowego może być obszar II i III.

Można również określić obszar V – kwadrat wokół wartości średniej, o ryzyku wypadkowym średnim, z odchyleniem od wartości średniej (obu wskaźników), np. o  $\pm 10\%$ .

Sposób drugi. W obszar wykresu wpisać linię regresji zmiennych, która podzieli powierzchnię wykresu na obszar o wysokim i niskim ryzyku wypadkowym. Dalsze różnicowanie można prowadzić poprzez określenie obszarów z odchyleniem np.  $\pm 10\%$ ,  $\pm 20\%$  itp. od wartości średniej, w tym przypadku od linii regresji.

Sposób trzeci. Zbiór punktów opisany za pomocą elipsy, której oś długa oraz krótka podzieli powierzchnię na 4 obszary, podobnie jak w metodzie pierwszej.



Rys. 3. Ryzyko wypadkowe w kopalniach węgla kamiennego w roku 1999

Fig. 3. Accidents risk in coal mines in 1999

Analizując wykres z rys. 3 oraz dane statystyki wypadkowej stwierdzono, że w kopalniach występujących w obszarze I, o najmniejszym ryzyku wypadkowym, nie odnotowano żadnego wypadku śmiertelnego, natomiast w obszarze IV największego ryzyka wypadek śmiertelny odnotowano 1. Pozostała ilość wypadków śmiertelnych, tj. 19 spośród 20, odnosi się do kopalń występujących w obszarze II i III.

## 5. Podsumowanie

Na podstawie prowadzonych analiz ryzyka wypadkowego i zawodowego w zakładach górniczych wynika, że ryzyko wypadkowe określone wyłącznie na podstawie wskaźników częstości wypadków zmniejsza się. Takiemu stwierdzeniu przeczy wzrastająca wartość wskaźnika ciężkości  $C$  i faktyczna liczba wypadków ciężkich, tj. wypłacanych rent inwalidzkich wypadkowych [4].

Metodą różnicowania ryzyka wypadkowego może być metoda graficzna oparta na dwóch wskaźnikach ( $C$  i  $W_z$ ), co pozwoli wyeliminować wymienione rozbieżności i dać ocenę bardziej realną. Taki sposób oceny i różnicowania ryzyka wypadkowego jest przejrzysty i może być stosowany w ocenie zarówno kopalń, jak i zakładów różnych sekcji działalności gospodarczej.

Metoda ta może być również zalecana do oceny ryzyka wypadkowego w zakładach górniczych w porównaniach międzynarodowych, gdzie dotychczas wykorzystuje się wyłącznie wskaźniki częstości wypadków.

## LITERATURA

1. Analiza miesięczna stanu bezpieczeństwa i higieny pracy w kopalniach węgla kamiennego i przedsiębiorstwach robót górniczych. COIG S.A., Katowice 1990-2000.
2. Baza danych wypadkowych COIG S.A. za lata 1990-2000.
3. Kodeks Pracy. Ustawa z 26 kwietnia 1974 r. ze zm.
4. Parchański J.: Przyczyny zróżnicowania wzrostu wskaźnika ciężkości obrażeń przy równoczesnym zmniejszaniu się liczby wypadków ciężkich. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, nr 12, Katowice 1999.



5. Parchański J.: Wskaźnikowa metoda oceny ryzyka wypadkowego. Bezpieczeństwo i higiena pracy w górnictwie w krajach Europy Środkowo-Wschodniej. Międzynarodowa konferencja "Polsko-Amerykańskie Stowarzyszenie BHP", Sosnowiec 2001.
6. Rozporządzenie MPiPS z dnia 26 września 1997 r. w sprawach ogólnych. Warszawa 1997.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. J. Sobala

### **Abstract**

The paper presents a method of accidents rate assessment based on indexes of accidents. In this work the economic changes have been taken under consideration, which may influence values of the analysed indexes. A new approach to the accidents risk assessment has been presented. This is a graphical method, which uses selected indexes (frequency and heaviness of accidents) coming from analysis of accidents. A suitability of this method has been proved. Taking the coal mines as an example, an assessment of accidents rate has been carried out and three types of its classification have been proposed. Presented method may be used by accidents risk assessment in different branches of economy. Application of this method in international statistics has been also proposed, i.e. for assessment of risk in mining industry.