

**Marcin Hibner**

ORCID: 0000-0002-6070-7548

Polska Grupa Górnicza S.A.  
40-039 Katowice, ul. Powstańców 30

## **Metoda miernika rozwoju w ocenie elementów materialnego środowiska pracy w procesie oceny stanu zagrożenia podziemnego stanowiska pracy**

The method of development measure in the evaluation of material elements of work environment in the process of assessing the state of danger of the underground workplace

### **Streszczenie**

Wpływ czynników negatywnych na komfort i ergonomię pracy człowieka ma ogromne znaczenie. Dlatego współczesna nauka podejmuje działania ograniczające, minimalizujące lub redukujące do zera ich wpływ na stanowisko pracy. Artykuł opisuje warunki negatywne na stanowisku pracy w podziemnym górnictwie węglowym wraz z zastosowaniem miernika rozwoju. Na jego podstawie zostanie dokonana ocena stanu zagrożenia podziemnego stanowiska pracy.

**Słowa kluczowe:** *górnictwo, metoda miernika rozwoju, środowisko pracy, warunki pracy*

### **Abstract**

The impact of negative factors on human comfort and ergonomics is of great importance. Therefore, modern science takes measures to limit, minimize or reduce to zero their impact on the workplace. This article describes the negative conditions at work in underground coal mining along with the use of a developmental measure. It will be used to assess the hazard status of the underground workstation

**Keywords:** *mining, development measure method, work environment, working conditions*

### **Wstęp**

Przedsiębiorstwo jest tak skuteczne i efektywne, jak skuteczna i efektywna jest jego załoga. Praca opisana tymi dwoma przymiotami nie zależy tylko od stopnia zmechanizowania czy zautomatyzowania, ale także od kwalifikacji oraz predyspozycji pracowników i warunków środowiskowych, w których procesy te mają miejsce. Warunki pracy występujące w wyrobiskach podziemnych kopalni w znacznej mierze wynikają z właściwości górotworu, do których możemy zaliczyć między innymi [2]:

- stopień geotermiczny,
- zasolenie wód,
- metanonośność pokładów,
- zapylenie.

Jednocześnie należy ograniczyć negatywny wpływ występujących warunków na komfort i ergonomię pracy człowieka w tym wypadku górnika [3]. Współczesny rozwój wiedzy i nauki pozwala na zastosowanie w praktyce wielu nowych technik i metod zapewniających lepsze i bezpieczniejsze warunki pracy. W artykule przedstawiona zostanie metoda miernika rozwoju do oceny stanu zagrożenia podziemnego stanowiska pracy.

## Metoda miernika rozwoju

Dla zastosowania metody miernika rozwoju [4,5,6] należy wyznaczyć kryteria oceny zwane również kryteriami dobroci. Następnie definiuje się abstrakcyjny punkt  $P_0$ , który obrazuje wzorcowe rozwiązanie o współrzędnych  $(x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0n})$ , spełniające warunki.

$$x_{0j} = \max x_{ij} \quad x_{0j} = \max x_{ij} \quad \text{gd}y \quad j \in S$$

$$x_{0j} = \min x_{ij} \quad x_{0j} = \min x_{ij} \quad \text{gd}y \quad j \in D$$

gdzie:

S – zbiór stymulant (cech, których przyrosty wartości bezwzględnych oceniamy pozytywnie),

D – zbiór destymulant (cech, których przyrosty wartości bezwzględnych oceniamy negatywnie).

Odległość pomiędzy poszczególnymi punktami  $P_i$  a punktem  $P_0$  określana jest wg zależności:

$$C_{i0} = \sqrt{\sum_{j=1}^m \alpha_j (x'_{ij} - x'_{0j})^2}$$

gdzie:

$x'_{ij}$  – unormowane współrzędne punktu  $P_i$ ,

$\alpha_j$  – ranga j-tej cechy cząstkowej (wyznaczone np. na podstawie badań sondażowych opinii ekspertów).

Warunkiem podstawowym, umożliwiającym wyznaczenie ww. miary, jest unormowanie zmiennych wyjściowych. Normalizacja ma na celu doprowadzenie zmiennych do porównywalności oraz ujednoczenia charakteru cech. Na potrzeby normalizacji konieczne jest wyróżnienie cech będących stymulantami, destymulantami bądź nominantami, przy czym w odniesieniu do cech o charakterze nominanty należy wskazać przedziały, w których zachowują się jak stymulanty, oraz przedziały, w których zachowują się jak destymulanty. W ramach przykładu w procesie normalizacji zastosowano przekształcenia liniowe:

– dla cech o charakterze stymulant:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}} \quad x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{ij\max}} \quad x_{ij} \neq 0$$

– dla cech o charakterze destymulant:

$$x_{ij} = \frac{\max x_{ij}}{x_{ij}} \quad x_{ij} = \frac{x_{ijmax}}{x_{ij}} \quad x_{ij} \neq 0$$

Wartość miernika rozwoju  $m_i$  obliczamy z zależności:

$$m_i = 1 - \frac{C_{i0}}{\max C_{i0}} \quad m_i = 1 - \frac{C_{i0}}{C_{i0max}}$$

gdzie:

$$m_i \in [0; 1]$$

Im obiekt jest bardziej rozwinięty, tym wartość jego miary zbliża się do wartości maksymalnej (idealnej), tzn. wartości 1.

Wyniki pomiarów kontrolnych zestawia się w macierzy kontrolnej o wymiarach  $n \times m$

gdzie:

$i = 1, 2, \dots, n$  – numer cechy obiektu,

$j = 1, 2, \dots, m$  – numer obiektu.

## Opis stanowiska pracy

Ocena elementów materialnego środowiska pracy dotyczyła wyrobiska podziemnego w jednej z kopalń na terenie woj. śląskiego. Dowierzchnia 14/3 w pokładzie 413 na poz. 700 m stanowi jedno z wyrobisk udostępniających dla ściany 143 w pokł. 413, poz. 700 m [B]. Dowierzchnia 14/3 w pokładzie 413, poz. 700 m o długości 1150 m była wyrobiskiem kamiennie-węglowym. W wyniku wypiętrzania spągu realizowano pobierkę spągu za pomocą materiału wybuchowego, zgodnie z metryką strzałową. Urobek ładowano ręcznie na przenośnik zgrzeblowy SKAT E-180 a następnie odprowadzano za pomocą przenośników taśmowych PTGm 55/1000. Do wykonywania otworów strzałowych wykorzystywano wiertarkę hydrauliczną typu WH i H-WH1. Wyrobisko przewietrzane było za pomocą obiegowego prądu powietrza w zużytym prądzie powietrza (wychodzącym ze ściany). Wyrobisko zaliczono do III kategorii zagrożenia metanowego, II stopnia zagrożenia tapaniami, I stopnia zagrożenia wodnego i klasy „B” zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. Warunki temperaturowe w wyrobisku nie wymagały wprowadzenia skróconego czasu pracy, wobec czego zmiana robocza trwała 450 min w systemie czterozmianowym. Standardowe obciążenia zmiany roboczej w dowierzchni 14/3 to: osoba dozoru, górnik przodowy, górnik strzałowy, górnik, obsługa przenośników.

## Metoda rozwoju miernika

Zdiagnozowano sześć elementów materialnych środowiska pracy ( $i$ ) w badanym wyrobisku:

- ekspozycja dzienna rejestrowana przyśpieszenia drgań mechanicznych [ $m/s^2$ ] ( $i=1$ );
- stężenie jednostkowe pyłu całkowitego [ $mg/m^3$ ] ( $i=2$ );
- stężenie jednostkowe pyłu respirabilnego [ $mg/m^3$ ] ( $i=3$ );

- poziom ekspozycji na hałas dla 8 godz.  $L_{EX8,5h}$  [dB] ( $i=4$ ),
  - natężenie oświetlenia [lx] ( $i=5$ ),
  - temperatura sucha powietrza [ $t_s$ ] ( $i=6$ ),
- Obiektami poddanymi analizie ( $j$ ) w kolejności były:

- osoba dozoru ( $j=1$ ),
- górnik przodowy ( $j=2$ ),
- górnik strzałowy ( $j=3$ ),
- górnik ( $j=4$ ),
- obsługa przenośników ( $j=5$ ).

Dla poszczególnych zmiennych przyporządkowano wartości rang zgodnie z kolejnością:

- $\alpha_1 = 0,8$
- $\alpha_2 = 0,8$
- $\alpha_3 = 0,8$
- $\alpha_4 = 0,9$
- $\alpha_5 = 0,7$
- $\alpha_6 = 0,8$

Wyjściowa macierz zmiennych (nieunormowanych) przyjmująca powyższe założenia dla dowierzchni 14/3 w pokładzie 413 na poz. 700 m przyjmuje postać:

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 1,7 & 1,8 & 0,45 & 0 \\ 12,9 & 16,3 & 16,9 & 16,1 & 14,7 \\ 4,5 & 5,8 & 5,8 & 5,4 & 5,2 \\ 82,5 & 85,4 & 87,2 & 86,4 & 91,3 \\ 2258 & 2300 & 2320 & 2298 & 2315 \\ 24,7 & 24,9 & 24,8 & 24,9 & 25 \end{bmatrix}$$

Przeprowadzona normalizacja zmiennych, którymi są uciążliwe i szkodliwe elementy materialnego środowiska pracy, pozwoliła na zbudowanie macierzy zmiennych unormowanych:

$$x_{ij} = \begin{bmatrix} - & 0,944 & 1,000 & 0,250 & - \\ 0,763 & 0,964 & 1,000 & 0,953 & 0,870 \\ 0,776 & 1,000 & 1,000 & 0,931 & 0,897 \\ 0,904 & 0,935 & 0,955 & 0,946 & 1,000 \\ 0,973 & 0,991 & 1,000 & 0,991 & 0,998 \\ 0,988 & 0,996 & 0,992 & 0,996 & 1,000 \end{bmatrix}$$

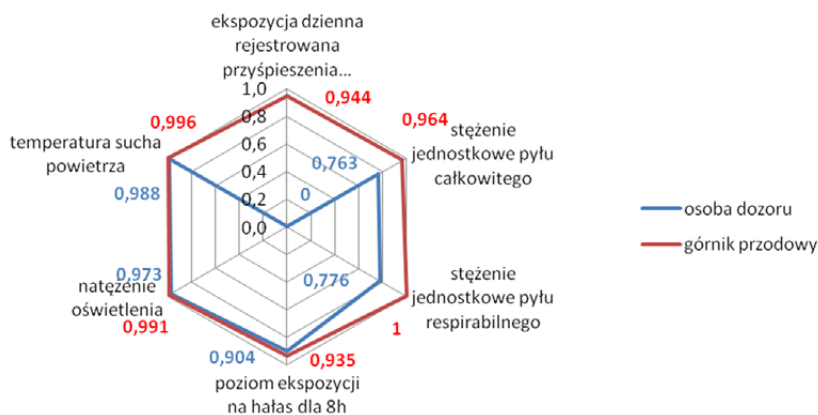
Przykładowe interpretacje zmiennych unormowanych dla wybranych stanowisk pracy przedmiotowej analizy przedstawiono na rys. 1. i 2.

Uwzględniając wartości rang przyporządkowane poszczególnym zmiennym, macierz odległości  $C_{i0}$  przedstawia się następująco:

$$C_{i0} = [0,033 \quad 0,805 \quad 0,822 \quad 0,975 \quad 0,879]$$

natomiast miernik rozwoju  $m_i$ :

$$m_i = [0,937 \quad 0,018 \quad 0,175 \quad 0,759 \quad 0,803]$$

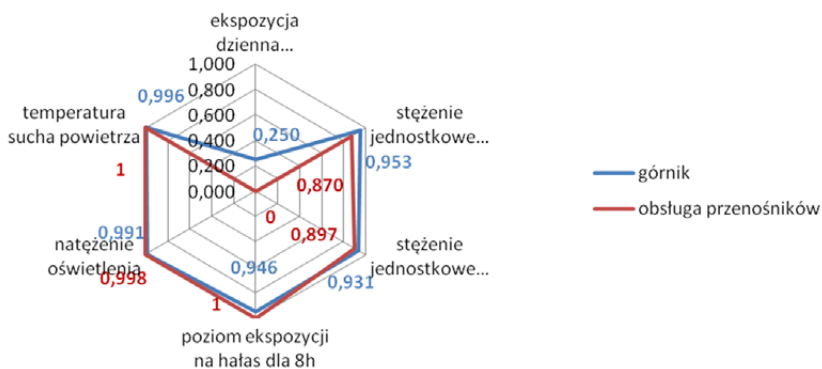


Rys. 1. Wartości zmiennych unormowanych – interpretacja graficzna dla osoby dozoru i górnika przodkowego

Fig. 1. Values of normalized variables - graphical interpretation for the supervisor and the front miner

Źródło: Opracowanie własne

Source: The author's elaboration



Rys. 2. Wartości zmiennych unormowanych – interpretacja graficzna dla górnika i obsługi przenośników

Fig. 2. Values of normalized variables – graphical interpretation for the miner and the conveyor service

Źródło: Opracowanie własne

Source: The author's elaboration

## Podsumowanie

Zastosowane tzw. miernika rozwoju daje możliwość zastąpienia ocen cząstkowych (zbioru ocen opisujących obiekt) jedną zmienną, która jest wielkością zagregowaną. W opisanym przykładzie najbardziej rozwiniętym stanowiskiem pracy (miernik rozwoju zbliża się do wartości idealnej równej jest stanowisko

osoby dozoru. Decydujący wpływ na wartość miernika ma brak oddziaływań drgań mechanicznych na organizm pracownika. W gronie diagnozowanych stanowisk pracy pozostałe parametry dla osób dozoru są zdecydowanie niższe z wyjątkiem poziom ekspozycji na hałas dla 8 godz. Dlatego też wartość końcowa miernika  $m_i$  jest równa 0,937.

Najniższą wartość zastosowanej miary syntetycznej odnotowano dla stanowiska górnik przodowy ( $m_2 = 0,007$ ). Przekroczenie wartości granicznej ma miejsce tylko dla ekspozycji na hałas  $L_{EX8h}$ . Z przekroczeniem hałasu mamy do czynienia również w przypadku pozostałych stanowisk pracy (od 87,2 dB do 91,3 dB). Dla stanowisk pracy z analizowanego przypadku powinno się wprowadzić działania mające na celu ograniczenie niekorzystnych oddziaływań co może skutkować spadkiem wartości dawek ekspozycyjnych. Otrzymując spadek wartości elementów środowiska pracy w końcowym efekcie wzrośnie wartość miernika  $m_i$ . Na wykresach zaobserwujemy, że punkty wierzchołkowe wykresu odpowiadające diagnozowanym cechą obiektów, będą się przemieszczały w kierunku wartości 1,0. Będzie to odpowiadać sytuacji idealnej.

W analizowanym przypadku zastosować należy podpórki pod wiertarki w trakcie wykonywania otworów strzałowych. Załoga pracownicza powinna zostać osunięta na ile to możliwe od miejsc wzmożonego oddziaływania hałasu. W tym celu należy zautomatyzować odstawę urobku lub zastosować kabiny dźwiękoszczelne dla obsługi przenośników taśmowych. Zabudowując dodatkowe oświetlenie stacjonarne równoległe z osobistym poprawi komfort widoczności w miejscu pracy.

## References

- [1] Chmiela A., Przybyła H.: *Projektowanie rozwiązań techniczno-organizacyjnych stosowanych w wyrobiskach ścianowych*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1997.
- [2] Dyrektywa Ramowa 89/391/EEC z dnia 12 czerwca 1989 r. w sprawie wprowadzenia środków w celu poprawy bezpieczeństwa i zdrowia pracowników w miejscu pracy (Dz Urz WE L 183 z 29.08.1989)
- [3] Kukuła K.: *Metody unitaryzacji zerowej*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, s. 75-76.
- [4] Przybyła H.: *Wybrane problemy wielowymiarowej analizy porównawczej w odniesieniu do zagadnień górniczych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Górnictwo, z. 139, Gliwice 1985.
- [5] Przybyła H.: *Wielowymiarowa analiza porównawcza i jej zastosowanie w badaniach nielocechonych rozwiązań techniczno-organizacyjnych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Górnictwo, z. 159, Gliwice 1987.