

Marek JASIŃSKI\*, Elżbieta JASIŃSKA\*\*, Stanisław JANIK\*\*\*,  
Łukasz JASIŃSKI\*\*\*\*

## WARUNKI EKSPLOATACYJNO-WYDOBYWCZE DETERMINANTEM AWARYJNOŚCI MASZYN DOŁOWYCH – ZARYS PROBLEMATYKI

Zmieniająca się struktura bazy surowcowej grona wydobywczego na skutek wyeksploatowania terenów bogatych w złoża rud miedzi pociąga za sobą szereg zmian m.in. warunków i rodzajów eksploatacji czy charakteru procesu wydobywczego. Nowo pozyskane tereny i miejsca wydobywania mogą kształtować się w układzie poziomym (kopalnia odkrywkowa Sierra Gorda) lub układzie pionowym, czyli w głąb ziemi. W KGHM Polska Miedź S.A. ważny jest proces utrzymania ruchu, który nie stanowi w sobie samej „wartości dodanej”, ale jest ważnym komponentem w procesie wydobywczym. Wybór odpowiedniej koncepcji utrzymania ruchu, np. TPMi uwzględnienie turbulencji warunków eksploatacyjno-wydobywczych wynikających np. z wyższych temperatur środowiska pracy maszyn decyduje o ich niezawodności. Diagnoza i prognozyka niezawodności oraz wpływy warunków na awaryjność maszyn dołowych powinny być poddawane czynnościom pomiarowo-badawczym w skali równie częstej, jak zmieniające się warunki eksploatacji.

**Słowa kluczowe:** maszyny dołowe, utrzymanie ruchu, kompleksowe utrzymanie ruchu (TPM), determinanty awaryjności maszyn, baza surowcowa.

### 1. PIONOWA I POZIOMA LOKALIZACJA RUD MIEDZI A WARUNKI ŚRODOWISKA PRACY MASZYN DOŁOWYCH

Baza surowcowa to podstawa działalności przedsiębiorstwa górniczego [2, 17]. Podlega ona takim samym procesom początku i końca (cykl życia złoża),

---

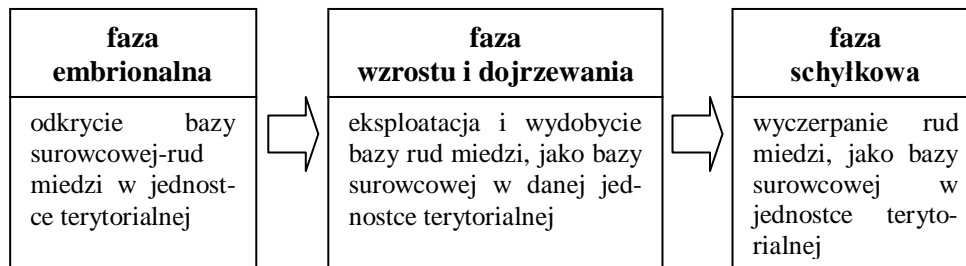
\* Doktorant Wydziału Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej.

\*\* Uczelnia Zawodowa Zagłębia Miedziowego.

\*\*\* Wydział Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej.

\*\*\*\* Absolwent I Liceum Ogólnokształcącego w Lubinie.

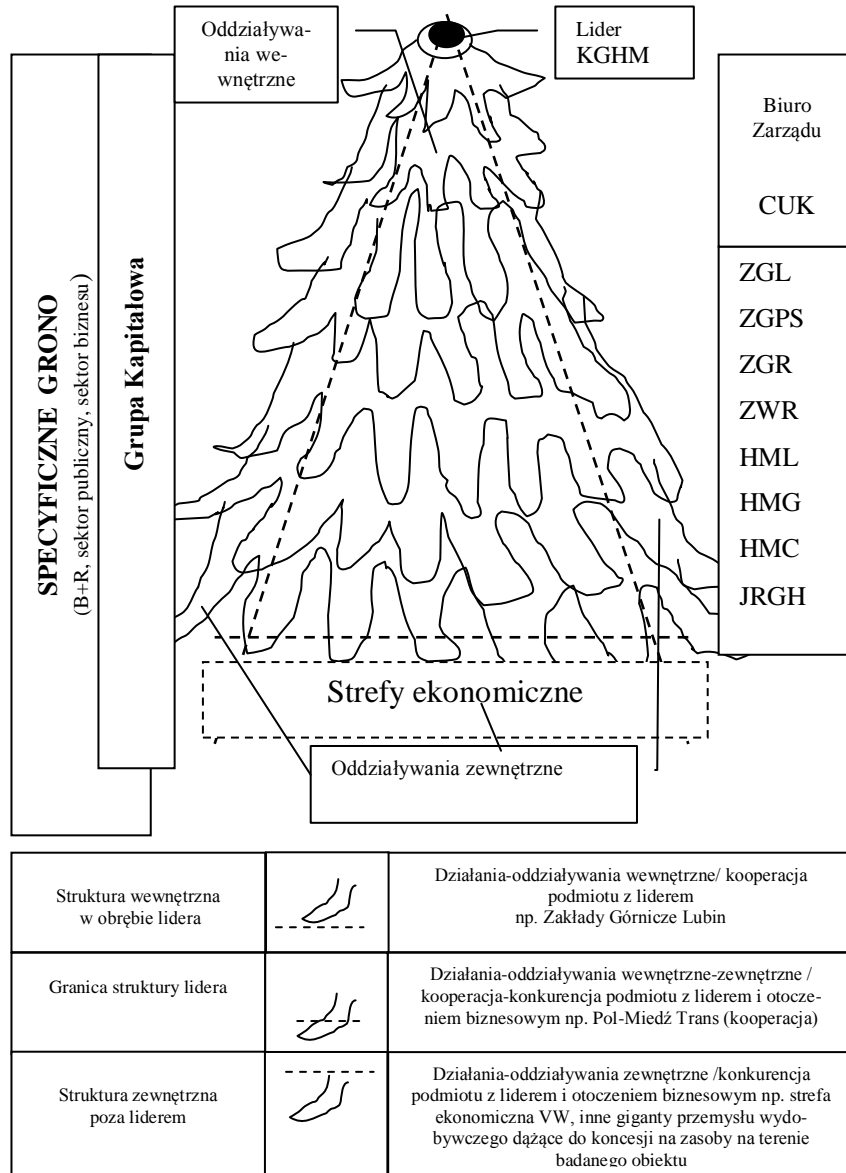
czyli ich odkryciu, eksploatacji i wydobyciu oraz wyczerpaniu. Rysunek 1 prezentuje cykl życia rud miedzi, jako bazy surowcowej przedsiębiorstwa wydobywczego w jednostce terytorialnej.



Rys. 1. Cykl życia rud miedzi, jako bazy surowcowej przedsiębiorstwa wydobywczego w jednostce terytorialnej [3, 5]

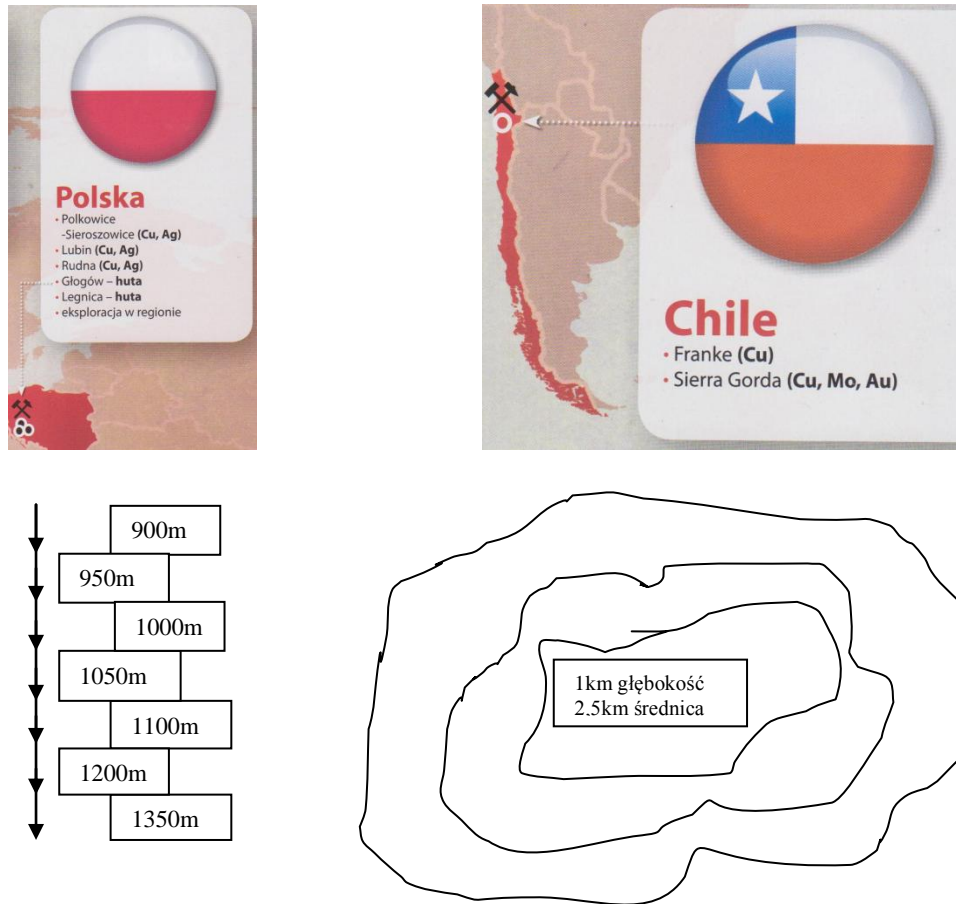
Zmieniająca się struktura bazy surowcowej na wskutek wyczerpania terenów bogatych w złoża rud miedzi i potrzeba poszukiwania nowej pociąga za sobą jednocześnie szereg zmian innych w obrębie m.in. warunków i rodzajów eksploatacji i wydobycia czy charakteru samego przedsiębiorstwa wydobywczego kształtującego się, jako kopalnie odkrywkowe lub głębinowe[5]. W przypadku KGHM Polska Miedź S.A. jako globalnej firmy wydobywczej [4] ze względu na poziom geologiczny bazy surowcowej wymieniony podział zachodzi jednocześnie, a działalność biznesowa potentata odbywa się m.in. w obrębie głębinowych kopalni w zakładach górniczych na Monoklinie Przedsudeckiej oraz w obrębie odkrywkowych np. Sierra Gorda w Chile. Za kierunki zmieniającej się bazy surowcowej można uznać układ poziomy, czyli geograficzny oraz układ pionowy odbywający się w głąb ziemi (niżej i głębiej). Tak jak biegun poziomy warunkuje działania biznesowe oddziaływujące na pozyskanie nowych terenów geograficznych na innym kontynencie czy innym państwie, tak biegun pionowy determinuje działalność wydobywczą w obrębie raz już pozyskanej koncesji na wydobycie[17]. Z tym, że nie stanowi to aktualnie przy zmieniających się warunkach konkurencyjności gwarancji na całkowitą wyłączność eksploatacji i wydobycie złóż tylko przez tego potentata miedziowego, którym jest KGHM Polska miedź S.A.[3]. Rysunek 2 prezentuje grono wydobywcze z zachodzącym w ramach jego struktury zjawiskiem konkurencji o bazę surowcową z innymi przedsiębiorstwami wydobywczymi.

Tym bardziej, że ta konkurencyjność podczas identyfikacji i badań naukowych ujawniła się [3, 6], jako atrybut grona wydobywczego, w obrębie którego aktualnie inne firmy wydobywcze mogą o tę bazę zabiegać zmuszając tym samym obecnego potentata do sięgania po złoża w układzie pionowym na obszarze Monokliny Przedsudeckiej, a nie w układzie poziomym na jej terenie. W każdym razie nie, aż w takiej skali jak to miało miejsce w początkach KGHM Polska Miedź S.A. i innych realiach ustrojowych mających miejsce w XX wieku w Polsce.



Rys. 2. Grono wydobywcze a zjawisko konkurencji w gronie wydobywczym [2, 7]

Na rysunku 3 zaprezentowano rejony eksploatacyjno-wydobywcze na Monoklinie Przedsudeckiej obejmujące pionowy i poziomy układ pozyskiwania złóż w głębinowych zakładach górniczych KGHM Polska Miedź S.A. oraz regiony eksploatacyjno-wydobywcze w Sierra Gorda, w Chile obejmujący poziomy układ pozyskiwania rud w odkrywkowej kopalni o średnicy 2,5 km i głębokości 1 km [11, 14, 18].

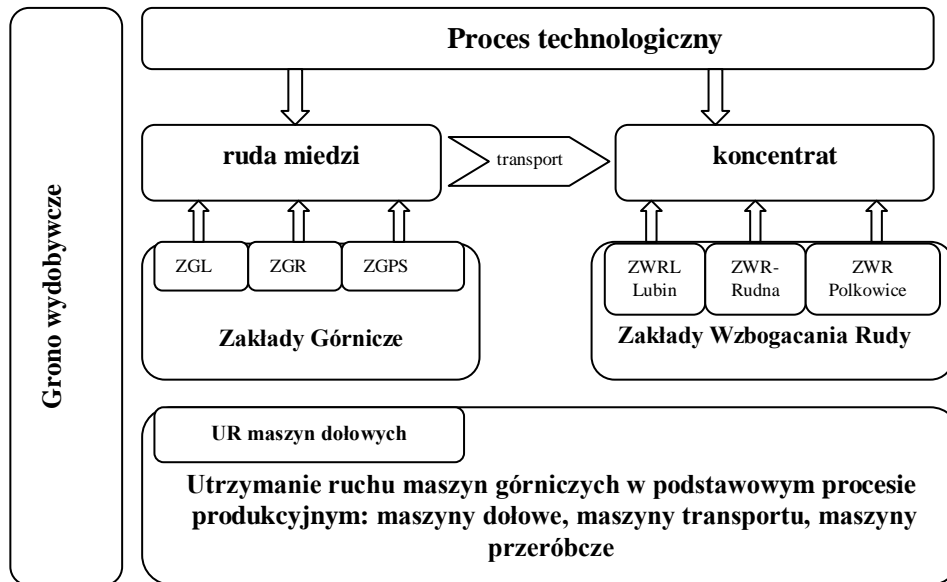


Rys. 3. Pionowy i poziomy układ pozyskiwania złóż miedzi w kopalniach głębinowych i odkrywkowych KGHM Polska Miedź S.A. [11, 14, 18]

Jednak problem dobrze prosperującego przedsiębiorstwa wydobywczego to nie tylko zagwarantowana baza surowcowa, ale też problemy pozaprodukcyjne, które produkcję umożliwiają i pozwalają te rudy przetwarzać w koncentrat miedziowy.

Jednym z takich ważniejszych procesów to problem utrzymania ruchu maszyn w zakładach górniczych KGHM Polska Miedź S.A.

Na rysunku 4 zaprezentowano cykl technologiczny w gornie wydobywczym kształtujący się od rud miedzi do koncentratu oraz związany z tym cyklem zakres utrzymania ruchu maszyn górniczych niezbędnych do tego procesu.

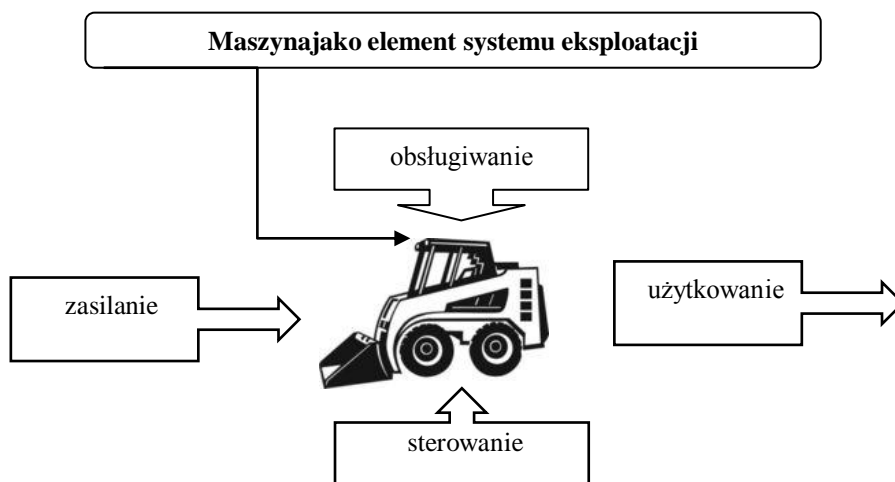


Rys. 4. Cykl technologiczny w gronie wydobywczym a zakres utrzymania ruchu maszyn.  
Opracowanie własne na podstawie [19]

## 2. WARUNKI EKSPLOATACYJNO-WYDOBYWCZE A DZIAŁANIE CZŁOWIEKA Z MASZYNĄ

Kształtujące się szybko i intensywnie warunki eksploatacyjno-wydobywcze determinują pracę nie tylko ludzi, ale też maszyn. Z pracą maszyn związany jest problem utrzymania ruchu, ponieważ maszyna lub inne urządzenie zastosowane do wykonania określonych zadań wymaga różnych działań człowieka [15], który w warunkach środowiska pracy, jakim jest kopalnia jest trudny (temperatura skały płonnej, powietrza, jego wilgotność, wysoki poziom zagrożeń tąpnięciami i wstrząsami). Maszyna, jako element procesu eksploatacji jest sterowana przez człowieka zasilana, użytkowana, czy obsługiwana z jednej strony [15], ale z drugiej podobnie jak człowiek podlega oddziaływaniom także ze strony środowiska, w którym pracuje a jest to samo środowisko, co dla górnika – kopalnia głębinowa lub odkrywkowa.

Na rysunku 5 przedstawiono grupy działań wymagających decyzji eksploatacyjnych człowieka.



Rys. 5. Grupy działań wymagających decyzji eksploatacyjnych człowieka[15]

Z kolei w tabeli 1 zaprezentowano atrybuty warunków eksploatacyjno-wydobywczych w kopalniach rud miedzi, globalnego przedsiębiorstwa wydobywczego KGHM Polska Miedź S.A.

Tabela 1. Atrybuty warunków eksploatacyjno-wydobywczych w kopalniach rud miedzi, globalnego przedsiębiorstwa wydobywczego KGHM (opracowanie własne na podst. [19])

KGHM	Kraj	Środowisko pracy człowieka i maszyny	Warunki eksploatacyjno-wydobywcze
			głębokość, temperatura
ZG Lubin	Polska	Kopalnie głębinowe (pod ziemią)	610-910 m <28°C, 28–35°C
ZG Rudna			920-1170 m <28°C, 28–35°C
ZG Polkowice-Sieroszowice			600-1200 m ; <28°C, 28–35°C
Sierra Gorda	Chile	Kopalnia odkrywkowa (na powierzchni ziemi)	do 1000 m cechy klimatu w Chile

Warunki i charakter procesu utrzymania ruchu w kopalniach rud miedzi jest determinowany z jednej strony warunkami eksploatacyjno-wydobywczymi, które różnie się kształtują w zależności od występowania terytorialnego lub załęgania głębinowego bazy surowcowej, (te warunki są niezależne od człowieka, albo w niewiel-

kim stopniu od niego zależą, ponieważ w przypadku środowiska pracy, bo to siły natury decydują o lokalizacji złóż i ich warunkach występowania). Z drugiej strony jest determinowany rodzajem przyjętej i wdrożonej koncepcji utrzymania ruchu. Tu warunki są zależne całkowicie lub w większej części od człowieka tj. ze strony po pierwsze menadżera oddziałującego na te procesy w sposób pośredni w przyjętym otoczeniu biznesowym za pomocą zintegrowanych procesów zarządzania czy wykorzystania innowacyjnych dróg zarządzania np. CSR Corporate Social Responsibility – Społeczna Odpowiedzialność biznesowa [3, 4, 9, 10]. Po drugie ze strony pracownika będącego w układzie człowiek–maszyna dołowa, która sterowana jest przez niego podczas pracy w czynnościach eksploatacyjno-wydobywczych [15].

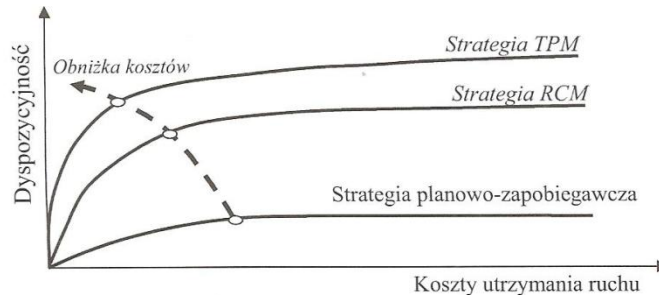
W kopalniach KGHM Polska Miedź S.A. oraz jego zakładach przerobczych ZWR (Zakłady Wzbogacania Rud), które są na końcu łańcucha technologicznego grona wydobywczego, a którego cykl produkcyjny rozpoczyna się od rud miedzi a kończy się na koncentracie aktualnie jest wdrażany proces zwany kompleksowym utrzymaniem ruchu TPM (Total Productive Maintenance), który dla osiągnięcia produkcji bezawaryjnej i bezusterkowej i jej doskonalącego charakteru, jako ciągłego i systematycznego opiera się o pięć następujących założeń [13, 16].

- celem jest maksymalizacja efektywności wyposażenia produkcyjnego,
- konieczne jest gruntowne wykorzystanie metod prewencyjnych (PM) w całym cyklu życia maszyn i urządzeń,
- wdrażanie i utrzymanie systemu realizuje równocześnie wiele różnych jednostek organizacyjnych przedsiębiorstwa (przygotowania produkcji, jednostek produkcyjnych, oraz serwisu techniczno-remontowego),
- wymaga zaangażowania wszystkich pracowników (od kierownictwa naczelnego aż po operatorów maszyn w systemie produkcyjnym),
- bazuje na aktywności małych grup pracowników.

Nie mniej o ile wybrane strategie UR (utrzymania ruchu) a w ich obrębie koncepcje UR decydują o kosztach działalności wydobywczej, to o efektywności utrzymania ruchu, które nie jest „wartością dodaną” [15] decydują w dużej mierze jednak, warunki środowiskowe pracy człowieka i maszyn dołowych. Generalnie więc TPM jako współcześnie stosowane standardy we wszystkich zarządzanych przedsiębiorstwach w tym wydobywczych prowadzi do poprawy niezawodności ze względu na likwidowanie problemów u źródła. Tym bardziej, że literatura przedmiotu prezentuje fakt, iż poziom utrzymania ruchu maszyn górniczych wynika z faktu dążenia do zwiększenia tzw. dyspozycyjności maszyny przy jednoczesnym zmniejszeniu ponoszonych kosztów. Co uzyskać można przez stosowanie bardziej zaawansowanych strategii utrzymania ruchu i jej narzędzi.

Na rysunku 6 zaprezentowano konkurencyjne strategie utrzymania ruchu maszyn dołowych.





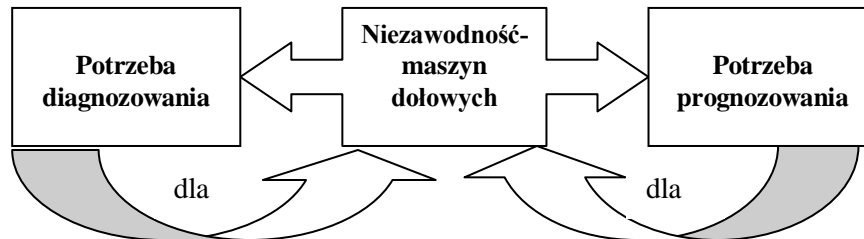
Rys. 6. Konkurencyjne strategie utrzymania ruchu maszyn dołowych [15].

### 3. TURBULENTNOŚĆ W WARUNKACH EKSPLOATACYJNO-WYDOBYWCZYCH W ZAKRESIE AWARYJNOŚCI MASZYN DOŁOWYCH – KONKLUZJE

W działaniach statystycznych często prowadzi się czynności diagnostyczne, by odpowiedzieć na pytanie jak jest i jaki jest stan obecny lub czynności prognostyczne by odpowiedzieć na pytanie jak może być w przyszłości. Podobnie w procesie eksploatacyjno-wydobywczym rud miedzi obok ogólnych procesów produkcyjnych działają procesy nieprodukcyjne w ramach, których zachodzą procesy dla niezawodności maszyn górniczych przejawiające się m.in. realizacją zadań diagnostycznych i prognostycznych dla w konsekwencji uzyskania niezawodności maszyn dołowych stosowanych w kopalniach miedzi [15]. Dlatego dla ciągłości niezawodności maszyn pojawia się systematycznie realizowana potrzeba diagnostyki maszyn dołowych w celu identyfikacji ich stanu, w realizacji zadań produkcyjnych oraz w celu doskonalenia poziomu jakości eksploatacyjno-wydobywczej [8, 15]. Częstość i ciągłość procesów diagnostycznych i prognostycznych dla niezawodności maszyn dołowych w odróżnieniu od innych maszyn nabiera ze względu na środowisko ich pracy, jakim są kopalnie głębinowe szczególnego wymiaru i charakteru oraz jakim jest turbulentność zmieniających się warunków eksploatacyjno-wydobywczych [3]. Ta turbulentność przejawia się dodatkowo obok wysokiej częstości zmian temperaturowych skały płonnej z jeszcze szybciej zmieniającym się cyklem życia maszyn dołowych, który nierzadko wyznaczony jest w jednostkach czasu godzinach, a nie latach jak w przypadku maszyn pracujących na powierzchni. Ponadto turbulentność ta ostatecznie narzuca dynamiczny charakter diagnozowania i prognozowania dla niezawodności, tym bardziej że okazjonalne czynności badawcze muszą być zastępowane w przemyśle wydobywczym ze względu na pionowy charakter zalegania bazy surowcowej, znacznie działaniami intensywniejszymi [1, 15]. Rysunek 7 prezentuje potrzebę diagnozowania dla niezawodności w utrzymaniu ruchu maszyn dołowych



w turbulentnych warunkach eksploatacyjno-wydobywczych oraz potrzebę prognozowania dla tej niezawodności utrzymania ruchu.



Rys. 7. Potrzeba diagnostowanie i prognozowanie dla niezawodności utrzymania ruchu maszyn dołowych w turbulentnych warunkach eksploatacyjno-wydobywczych (oprac. własne)

Wymieniane procesy diagnostowania i prognozowania dla niezawodności często prowadzone są dla procesu jej poprawy oraz samego doskonalenia i podnoszenia jakości [8, 12, 15]. W przypadku maszyn dołowych pracujących często w ekstremalnych warunkach mimo postępu technologicznego i materiałowego są narzucane przez nadal bardzo wysoki reżim ich środowiska pracy, gdzie ta niezawodność jest w szczególności narażona na zaburzenia a awaryjność maszyn jest tam bardziej tymi ostrzejszymi warunkami eksploatacyjno-wydobywczymi determinowana [13, 16].

#### LITERATURA

- [1] Antosz K., Perłowski R., Prognozowanie niezawodności maszyn technologicznych, *Technologia i Automatyżacja Montażu*, 2/2009.
- [2] Jasińska E., Polska Miedź wyznacznikiem rozwoju regionu, Polska Miedź dobrem regionu. Centrum Kultury Muza, Lubin 2009.
- [3] Jasińska E., Rozprawa doktorska, Modelowanie oddziaływań menadżerskich instytucjonalnego lidera biznesu na otoczenie edukacyjne, Politechnika Poznańska, Poznań 2013.
- [4] Jasińska E., Janik S., Jasiński M., Global social responsibilityw: [w:] M.K. Wyrwicka, K. Grzybowska, (red.), *Knowledge Management and Innovation in the Enterprises*, Publishing House of Poznań University of Technology, Poznań 2011.
- [5] Jasińska E., Jasiński W., Janik S., Copper as determinant of development and innovation, [w:] M. Wyrwicka, K. Grzybowska, (red.), *Publishing House of Poznań University of Technology*, Poznań 2010.
- [6] Jasińska E., Jasiński W., Janik S., Otoczenie przedmiotów gospodarczych wokół wiodącego w regionie przedsiębiorstwa, [w:], *Koncepcje oraz czynniki rozwoju regionalnego i lokalnego w warunkach funkcjonowania Polski w strukturach zintegrowanej Europy*, [w:] J. Olszewski, M. Słodowa-Hełpa, (red.), Poznań 2008.
- [7] Jasińska E. & Janik S., The Macroergonomic Leader Surrounding [w:] L. Pacholski, red. *Macroergonomics VS Social Ergonomic*. Monograph, Publishing House of Poznań University of Technology, Poznań 2009.

- [8] Jasiulewicz-Kaczmarek M., Doskonalenie procesów utrzymania ruchu, *Logistyka* 2/2008.
- [9] KGHM Polska Miedź S.A., Strategia KGHM 2009-2018. Lubin 2009.
- [10] KGHM Polska Miedź S.A., Strategia KGHM 2014-2021. Lubin 2014.
- [11] KGHM Polska Miedź S.A., Historia z przyszłością. 40 lat Zakładów Górniczych „Rudna”, Lubin 2014.
- [12] Niziński S., Żółtowski B., Modelowanie procesów eksploatacyjnych, Bydgoszcz–Sulejówek 2002.
- [13] Pawłowski E., Pawłowski K., Trzcieliński S., *Metody i narzędzia Lean Manufacturing*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010.
- [14] Perspektywy i kierunki rozwoju, Biuletyn informacyjny, II Międzynarodowy Kongres Górnictwa Rud Miedzi, Lubin 2012.
- [15] Słowiński B., *Inżynieria eksploatacji maszyn*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2014.
- [16] Sobol-Wojciechowska J., Szwanycber Ł., Zaremba L., *Adaptacji i implementacja metodologii Lean w warunkach KGHM Polska Miedź S.A. – poprawa efektywności i innowacyjności przedsiębiorstwa wydobywczego*, *Wiadomości górnicze*, Wydawnictwo górnicze, 7-8 2013.
- [17] Speczik S. & Oszczepalski S., *Złoża prognostyczne rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej – nowa perspektywa*. w: *Geolodzy w służbie polskiej miedzi*, konferencja środowiskowa geologów. Lubin: Towarzystwo Konsultantów Polskich, Lubin 2011.
- [18] [www.kghminternational.com/our-growth-profile/sierra-gorda-project/](http://www.kghminternational.com/our-growth-profile/sierra-gorda-project/)
- [19] [www.kghm.pl](http://www.kghm.pl)

## **OPERATIONAL AND MINING CONDITIONS AS A DETERMINANT OF THE UNDERGROUND MACHINERY FAILURE– THE OUTLINE OF THE PROBLEM**

### Summary

The changing structure of the raw material base of a mining cluster as a result of over exploitation of rich-in-copper ore mining are asentsails a number of changes including conditions and types of operation and the nature of the mining process. The new lyacquiredl and sand mining are as may occupy the horizontal lines (the Sierra Gorda open-pit mine) or vertical ones, in other words, directing into the depths of the earth. In the KGHM Polska Miedź S.A. the process of maintenance is vital, it is not the „added value” init self, but it is an important component in the process of mining. Choosing the right concept of maintenance, for example TPM and taking into account the turbulent operational and mining conditions resulting from e.g. higher machine working environment temperatures decide about the question of their reliability. The diagnosis and prognosis reliability and the influence of conditions upon the underground machinery malfunction ought to be subjected to measurement-and-research actions on a scale as frequent as changing exploitation conditions.

**Keywords:** mine construction, maintenance, Total Productivity Maintenance (TPM), determinants of machine failure, material resources.