

DOMINIKA RYSIŃSKA-WOJTASIK**Wydział Mechaniczny****Politechnika Wroclawska**

ZARZĄDZANIE RYZYKIEM W SYSTEMIE PRODUKCYJNYM – STUDIUM PRZYPADKU

W artykule podjęto problematykę zarządzania ryzykiem systemów produkcyjnych przez analizę i ocenę ryzyka. Przedstawiono literaturowe podejście do procesu zarządzania ryzykiem. Omówiono wykorzystanie zintegrowanej metodyki analizy i oceny ryzyka systemów produkcyjnych. Opiszano istotę prowadzenia ciągłej analizy możliwych ryzyk z grupy 4M, ich identyfikacji, oceny oraz sposobu postępowania z nimi. W artykule zaprezentowano wyniki badania identyfikującego czynniki zakłócające wydajność procesu produkcyjnego oraz dokonano oceny poziomu ryzyka i wskazano działania doskonalące analizowany proces.

1. Wstęp

Ryzyko jest nieuniknione i towarzyszy każdej działalności organizacji. Definiowane jest jako *wpływ niepewności na cele* czy kombinacja prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego i jego skutku [7]. Ryzyka nie można w pełni wyeliminować. Można natomiast nim efektywnie zarządzać w celu złagodzenia jego negatywnych wpływów na osiągnięcie zamierzonych celów przez przedsiębiorstwo, a tym samym zidentyfikowanie możliwości jego ciągłego doskonalenia.

Ryzyko w systemie produkcyjnym opisywane w tym opracowaniu dotyczy zmieniającej się wydajności procesów produkcyjnych. Wydajność tych procesów może być zakłócona przez pojawiające się czynniki ryzyka, takie jak: awarie urządzeń, nieodpowiednia jakość materiałów wykorzystanych w procesie produkcyjnym, braki materiału od dostawcy, błędy operatora czy jego zmniejszona wydajność. W związku z tymi zakłóceniami wielkość produkcji będzie mniejsza niż planowana.

Aby zminimalizować wpływ czynników zakłócających na działalność systemów produkcyjnych należy rzetelnie i właściwie zarządzać ryzykiem przedsiębiorstwa. Zarządzanie ryzykiem ma na celu unikanie lub ograniczanie strat w przedsiębiorstwie, takich jak szkody materialne, przestoje produkcji, utrata *know-how* czy też pozytywnego wizerunku firmy.

2. Przegląd literatury

Zarządzanie ryzykiem to jedna z wielu metod zarządzania polegająca na obniżeniu stopnia oddziaływania czynników zakłócających na funkcjonowanie danego podmiotu gospodarczego oraz na podejmowaniu w tym celu optymalnych decyzji. Poznanie charakteru i zakresu potencjalnego ryzyka umożliwi podjęcie odpowiednich działań zapobiegawczych lub czynności minimalizujących jego negatywny wpływ oraz skutki [5].

Proces zarządzania ryzykiem jest logicznym oraz uporządkowanym systemem działań. Możliwy jest jego podział na następujące po sobie etapy. Zgodnie z PN-ISO 31000:2012 zarządzanie ryzykiem to *skoordynowane działania dotyczące kierowania i nadzorowania organizacją w odniesieniu do ryzyka* [7]. Norma wyróżnia następujące etapy: ustanowienie kontekstu zarządzania ryzykiem, ocena ryzyka przez identyfikację, analizę i ewaluację ryzyka oraz etapy postępowania z ryzykiem [7]. Według badaczy P. Jedynak, J. Teczek oraz S. Wyciślik [3] zarządzanie ryzykiem polega na identyfikacji ryzyka, ocenie ryzyka, manipulacji ryzykiem oraz jego kontroli. Podobną interpretację zagadnienia przedstawia K. Jędralska [4], według której zarządzanie ryzykiem dotyczy poznania ryzyka, jego analizy i oceny, opanowania ryzyka przy pomocy metod zrównoważenia ryzyka oraz obserwowania i kontroli przedsięwzięć minimalizujących ryzyko. M.E. Whitman nawiązuje do relacji pomiędzy szacowaniem ryzyka a jego osłabianiem, co stanowi cel zarządzania ryzykiem. Badacz wyodrębnia następujące etapy zarządzania ryzykiem: identyfikacja ryzyka, oszacowanie wpływu na działalność, oszacowanie słabych punktów i zagrożeń, oszacowanie bieżących środków osłabienia ryzyka, opracowanie i przegląd planu osłabienia ryzyka, jego wdrożenie, pomiar zgodności, pomiar wpływu na działalność oraz przegląd i monitorowanie [10]. Natomiast według C.L. Pritcharda [8] zarządzanie ryzykiem to ciągły proces: planowania, identyfikacji ryzyka, jego klasyfikacji, pomiaru ryzyka, planowania metod reagowania na ryzyka oraz kontrolowania.

Odnosząc się do przedstawionych sposobów podziału procesu zarządzania ryzykiem, można stwierdzić, że zarządzanie ryzykiem powinno być procesem ciągłym. Czynniki ryzyka i ich poziom w każdej chwili mogą się zmienić, dlatego wymaga się stałej identyfikacji i oceny. Realizując proces identyfikacji i wyznaczenia ryzyka należy zbadać również ich wpływ na realizowane cele, tak aby nadać im priorytety w ich eliminacji czy minimalizowaniu ich skutków [9].

Analizując ryzyko mające na celu pomoc w sterowaniu produkcją, należy badać określone obszary w sposób dokładny i całościowy. Należy na bieżąco monitorować ryzyka, aktualizować oraz ulepszać istniejący system.

Naprzeciw tym zadaniom wychodzą metody analizy i oceny ryzyka. Wyróżnia się kilkadziesiąt metod analizy i oceny ryzyka [6]. Dzieli się je na metody jakościowe, ilościowe oraz mieszane. Metody jakościowe mają na celu nazwanie ryzyka i uświadomienie o jego istnieniu. Metody ilościowe określają poziom ryzyka. Natomiast metody mieszane są kombinacją metod jakościowych i ilościowych.

Zarządzanie systemem produkcyjnym ma charakter operacyjny, a sterowanie nim wymaga bazowania na wartościach liczbowych, dlatego w ocenie ryzyka systemów produkcyjnych należy korzystać tylko z metod ilościowych. Do najbardziej zaawansowanych metod ilościowych należy analiza FMEA [1], której celem jest identyfikacja obszarów obciążonych największym ryzykiem w procesie oraz eliminacja lub minimalizacja skutków ich zagrożeń. Osiąga się to przez ustalenie związków przyczynowo-skutkowych powstania słabych punktów w procesie. Pozwala to na ciągłe doskonalenie poprzez analizowanie i stosowanie środków zapobiegawczych eliminujących źródła ryzyka [2].

Ze względu na złożoność systemu, opracowanie skutecznej metody zarządzania ryzykiem wymaga dłuższego czasu. Zaleca się także, aby sformułowana metoda dotyczyła całej organizacji i wszystkich procesów oraz żeby była ustanowiona na najwyższym poziomie zarządzania [11].

3. Metodyka analizy i oceny ryzyka

Mimo że analiza i ocena ryzyka są poważnym zadaniem w procesie decyzyjnym, nie zawsze są stosowane przez organizacje. Fakt ten może wynikać z proponowanych przez literaturę metod, które mogą być nieadekwatne do wymagań dzisiejszych przedsiębiorstw, czyli spełnienia wymagań wszystkich interesariuszy wyrażonych w postaci celów operacyjnych. Wymogi te mogą się wykluczać, dlatego ważne jest szerokie i całościowe spojrzenie na organizacje i zachodzące w niej procesy oraz zintegrowanie wszystkich obszarów, w których pojawienie się zakłóceń jest prawdopodobne.

Zarządzanie ryzykiem stwarza możliwość oceny ryzyka procesów produkcyjnych przez identyfikację oraz kategoryzację czynników ryzyka. Zaproponowana metodyka oceny ryzyka opiera się na założeniu, zgodnie z którym główne czynniki ryzyka zostały podzielone według kategorii 4M (maszyna, materiał, metoda, człowiek). Czynniki te mają wpływ na realizację procesów produkcyjnych, co bezpośrednio związane jest z wykonaniem określonego planu produkcyjnego, czyli osiągnięciem planowanej wydajności procesu. Przedstawiona metodyka pozwala określić słabe punkty w organizacji i stwarza szanse poprawy.

Ocena ryzyka związanego z występowaniem czynników ryzyka w metodyce przebiegała według poniższych etapów:

ETAP 1: Identyfikacja czynników ryzyka w procesie – wykorzystanie standardowych narzędzi zbierania danych do identyfikacji występujących czynników ryzyka w analizowanym procesie.

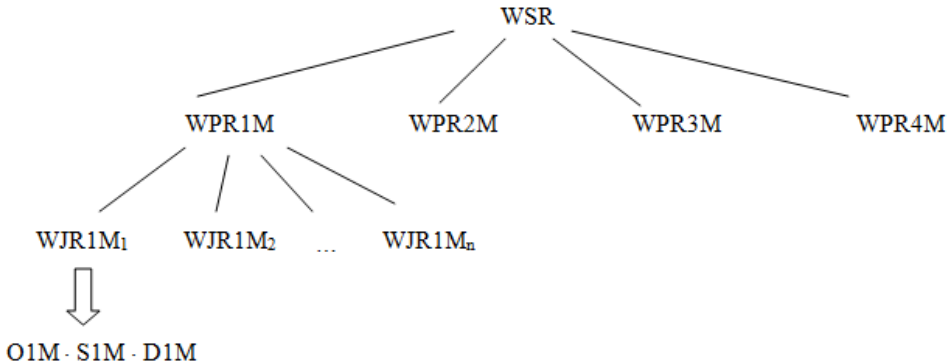
ETAP 2: Kategoryzacja czynników ryzyka – uporządkowanie czynników ryzyka przez podział zgodnie z kategoriami 4M: maszyna, materiał, metoda, człowiek. Pojawiające się zakłócenie należy przypisać do odpowiedniego rodzaju kategorii.

ETAP 3: Analiza czynników ryzyka z danej kategorii w oparciu o częstotliwość ich występowania, dotkliwość skutków czynników ryzyka oraz prawdopodobieństwo ich wykrycia według zaproponowanych kryteriów ocen.

ETAP 4: Ocena poziomu ryzyka procesu na podstawie:

- wartości wskaźników jednostkowego ryzyka dotyczące kategorii 4M – maszyna, materiał, metoda, człowiek (WJR1M, WJR2M, WJR4M, WJR4M),
- wartości wskaźników poziomu ryzyka dotyczące kategorii 4M – maszyna, materiał, metoda, człowiek (WPR1M, WPR2M, WPR3M, WPR4M),
- wartości wskaźnika sumarycznego ryzyka systemów produkcyjnych (WSR).

Rys. 1 prezentuje strukturę poszczególnych wskaźników.



Rys. 1. Schemat oceny ryzyka w systemie

Źródło: opracowanie własne.

ETAP 5: Wprowadzenie odpowiednich działań doskonalących w celu eliminacji lub zminimalizowania pojawienia się ryzyka – zgodnie z zasadą Pareto za 80% wyników odpowiada 20% działań. Dlatego wdrożenie odpowiednich działań doskonalących dla 20% największych wartości wskaźników poziomu ryzyka powinno zminimalizować ryzyko pojawiających się zakłóceń w systemie.

4. Studium przypadku

Badanie nad zagadnieniem zarządzania ryzykiem w celu zapewnienia ciągłości procesu produkcji przeprowadzono w lutym 2017 w przedsiębiorstwie z branży motoryzacyjnej w województwie dolnośląskim. Badanie trwało 20 dni roboczych. Do badania wybrano jedną z linii montażowych, na której są produkowane zawory bezpieczeństwa dla naczep samochodów ciężarowych. Badana linia produkcyjna pracuje w systemie 3-zmianowym. Maksymalna obsada na linii produkcyjnej to 2 osoby. Przyjęta wydajność produkcyjna wynosi 82 szt./osobę/zmianę.

W badaniu postawiono problem badawczy: ocena poziomu ryzyka procesu. Celem przeprowadzonej analizy była identyfikacja i kategoryzacja czynników ryzyka występujących w realizacji procesu produkcji oraz wskazanie działań doskonalących omawiany proces.

W ramach identyfikacji czynników ryzyka zaproponowano badanemu przedsiębiorstwu monitoring i rejestrację ilości wyprodukowanych sztuk dobrych na każdej zmianie produkcyjnej w oparciu o wyznaczoną wydajność produkcyjną. Każdego dnia po zakończeniu swojej zmiany produkcyjnej, pracownicy linii montażowej zapisywali w formularzu ilość wyprodukowanych dobrych sztuk. Wdrożenie powyższego formularza umożliwiło stały monitoring realizacji dziennego planu produkcji. Zarządzający produkcją przez to proste narzędzie byli w stanie określić, jaki jest status realizacji miesięcznego planu produkcyjnego – czy codzienne cele są realizowane czy też nie. Następnym etapem była implementacja kart godzinowych służących do szczegółowej rejestracji wyprodukowanych sztuk podczas każdej godziny realizowanego procesu. Pracownicy linii po każdej przepracowanej godzinie zapisywali ilość wyprodukowanych sztuk, która była porównywana z przeliczoną na godziny wydajnością. Jeśli wydajność nie została osiągnięta, pracownik montażu musiał napisać dlaczego i ile czasu trwał postój linii. Informacja ta umożliwiła poznanie przyczyny niezrealizowania wydajności procesu, czyli zidentyfikowania zakłócenia. Opracowana w ten sposób karta godzinowa stała się podstawą identyfikacji czynników ryzyka.

Na podstawie informacji zabranych w formularzu ilości wyprodukowanych sztuk w miesiącu lutym 2017 roku na badanej linii montażowej zostało wyprodukowane 2991 sztuk (tabela 1). Zaplanowana wydajność wynosiła 4806 sztuk. 1815 sztuk gotowych zaworów nie zostało wyprodukowanych ze względu na pojawiające się zakłócenia – czynniki ryzyka w procesie produkcji.

Tabela 1. Podsumowanie informacji z kart godzinowych

Liczba wypełnionych kart godzinowych [szt.]	44
Planowana wydajność [szt.]	4806
Zrealizowana wydajność – liczba wyprodukowanych dobrych sztuk [szt.]	2991
Liczba wyprodukowanych złych sztuk (błędy do demontażu) [szt.]	316
Liczba dostępnych zmian produkcyjnych [szt.]	60
Liczba wykorzystanych zmian produkcyjnych [szt.]	44
Liczba zaplanowanych zmian produkcyjnych przy obsadzie 1-osobowej [szt.]	59
Liczba zaplanowanych zmian produkcyjnych przy obsadzie 2-osobowej [szt.]	29,5
Liczba zrealizowanych zmian produkcyjnych przy obsadzie 1-osobowej [szt.]	23
Liczba zrealizowanych zmian produkcyjnych przy obsadzie 2-osobowej [szt.]	15
Liczba zrealizowanych zmian produkcyjnych przy niepełnej obsadzie (np. 0,8 osoby) [szt.]	6
Liczba zmian, które zrealizowały założoną wydajność [szt.]	8
Liczba zmian, które nie zrealizowały założonej wydajności [szt.]	36
Średnia utylizacja wydajności [%]	65

Źródło: opracowanie własne.

Z zaplanowanych pięćdziesięciu dziewięciu 1-osobowych zmian produkcyjnych zostały uruchomione tylko czterdzieści cztery zmiany ze względu na absencję pracowników lub brak części od dostawcy. Wśród uruchomionych zmian tylko osiem zrealizowało założoną wydajność. Podczas uruchomionych zmian produkcyjnych brak realizacji planu produkcyjnego był spowodowany wystąpieniem zakłóceń. Na podstawie informacji zawartych w kartach godzinowych, przyczynami niezrealizowania zaplanowanej wydajności w wyniku przestojów w badanym miesiącu były następujące czynniki:

- szkolenia pracowników – zakłócenie procesu produkcji przez szkolenie pracowników w dostępnym czasie produkcyjnym, szkolenie powinno być zaplanowane poza czasem poświęconym na produkcję,
- spotkania na linii montażowej – utrudnienia pracownikom montażu ze względu na wizyty dostawców na linii,
- brak części z powodów logistycznych/jakościowych,
- awarie oprzyrządowania,
- awarie testera,
- ustawienia/regulacje testera po przebrojeniu – urządzenie po przebrojeniu wymaga manualnych ustawień dokonanych przez mechanika,

- nadmierne przebrojenia – nieprzemysłane planowanie wymusza konieczność zbędnych przebrojeń między wariantami produktów,
- zajęcie linii przez inżyniera – ingerencja inżyniera w proces produkcji zakłóca normalną pracę,
- analiza błędów przez operatora montażu – w wyniku pojawienia się błędu, operator zmuszony jest do przerywania pracy i dokonania analizy wadliwej sztuki,
- dokładanie części (zasilanie linii) – operator musi zasilić linie produkcyjną w komponenty.

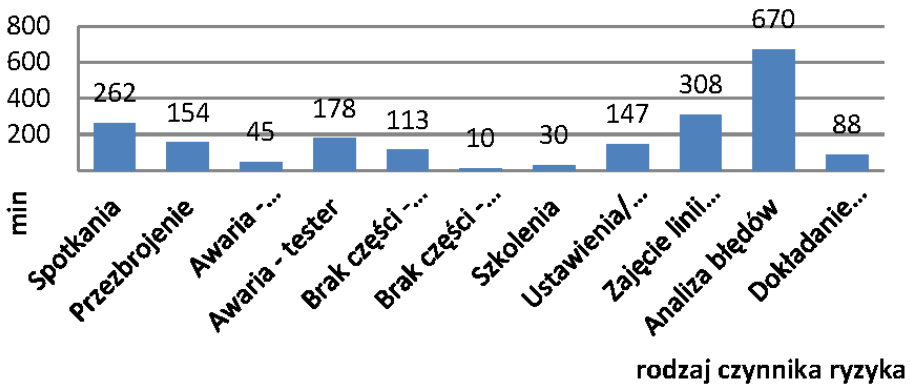
Powyższym czynnikom ryzyka przypisano odpowiednie kategorie (tabela 2).

Tabela 2. Przyczyny zakłóceń procesu produkcji według kategorii 4M

MASZYNA	MATERIAŁ	METODA	CZŁOWIEK
awarie oprzyrządowania	brak części z powodów logistycznych	nadmierne przebrojenia	szkolenia pracowników
awarie testera	brak części z powodów jakościowych	zajęcie linii przez inżyniera	spotkania na linii montażowej
ustawienia/regulacje testera po przebrojeniu		analiza błędów przez operatora montażu	
		dokładanie części (zasilanie linii)	

Źródło: opracowanie własne.

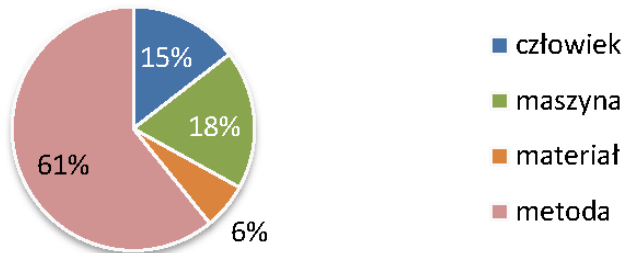
W wyniku wystąpienia przedstawionych czynników ryzyka organizacja straciła 9960 minut (czas produkcji jednego wyrobu wynosi 5,5 min, stąd 1815 sztuk * 5,5 min = 9960 min). Czas, który został zarejestrowany przez operatorów produkcji to tylko 2005 min. Pozostałe stracone minuty nie są wyjaśnione w kartach godzinowych. Szczegółowy wpływ czynników ryzyka na wydajność procesu przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Wpływ czynników produkcji na realizację planu

Źródło: opracowanie własne.

Grupując zanotowane czynniki ryzyka według kategorii (rys. 3), można zauważyć, że najwięcej wpływu na realizację procesu dotyczyło ryzyka związanego z metodą realizacji procesu.



Rys. 3. Podział czynników ryzyka według kategorii 4M

Źródło: opracowanie własne.

W dalszym etapie zidentyfikowane czynniki ryzyka zostały poddane szczegółowej analizie biorąc pod uwagę częstotliwość ich występowania, dotkliwość skutków czynników ryzyka oraz prawdopodobieństwo ich wykrycia według zaproponowanych kryteriów ocen. Wyniki analizy zostały przedstawione w tabeli 3.

Tabela 3. Analiza czynników ryzyka

Kategoria	Lp.	Czynnik ryzyka	Jak często wystąpił?		Jak dotkliwy był skutek?		Jakie jest obecne prawdopodobieństwo wykrycia?	
MASZYNA (IM)				O1M		S1M		D1M
	1M ₁	Awaria oprzyrządowania	Wystąpił jeden czynnik ryzyka w ciągu miesiąca	4	Awaria oprzyrządowania trwała 45 min	3	Prawdopodobieństwo wykrycia czynnika ryzyka i jego przyczyny b. wysokie	2
	1M ₂	Awaria testera	Ta sama awaria wystąpiła 3 razy w ciągu całego miesiąca	5	Sumaryczny czas trwania awarii wynosił 178 min	4	Średnie prawdopodobieństwo wykrycia czynnika ryzyka przez bieżące kontrole. Wykrycie przyczyny ryzyka prawdopodobne	5
	1M ₃	Regulacje testera po przebrojeniu	Występowanie czynnika bardzo częste. Kilka wystąpień w ciągu tygodnia. W ciągu miesiąca 13 wystąpień	7	Zatrzymanie linii montażowej na 147 min w ciągu całego miesiąca. Czynnik ryzyka trwał krócej niż 1h dziennie i w każdym tygodniu produkcyjnym nie przekroczył 1 h	4	Bieżące kontrole na pewno wykryją czynnik ryzyka. Przyczyna czynnika ryzyka będzie na pewno wykryta	1

Tabela 3 (cd.)

				O2M		S2M		D2M
MATERIAL (2M)	2M ₁	Brak części (logistyka)	Jednorazowy przypadek wystąpienia czynnika ryzyka w ciągu całego miesiąca	3	Jednorazowe zatrzymanie się linii produkcyjnej na 10 min	2	Prawdopodobieństwo wykrycia czynnika ryzyka i jego przyczyny bardzo wysokie	2
	2M ₂	Brak części (jakość)	Kilkukrotne przypadki wystąpienia czynnika ryzyka w ciągu całego miesiąca	4	Kilkukrotne przypadki zatrzymania linii (łącznie na 113 min w ciągu miesiąca)	4	Prawdopodobieństwo wykrycia czynnika ryzyka i jego przyczyny bardzo wysokie	2
	2M ₃	Brak części od dostawcy	Wystąpienie czynnika prawdopodobne. W ciągu miesiąca 4 przypadki braku terminowości dostaw komponentów	6	Brak możliwości uruchomienia produkcji na 6 zmianach produkcyjnych	10	Bieżące kontrole na pewno wykryją czynnik ryzyka. Przyczyna czynnika ryzyka będzie na pewno wykryta	1
				O3M		S3M		D3M
METODA (3M)	3M ₁	Nadmierne przezbrownienia	Wystąpienie czynnika ryzyka prawdopodobne, częste przezbrownienia kilka razy w tygodniu	5	Zanotowano 154 min postoju produkcji w wyniku częstych przezbrownień linii montażowej	3	Czynnik ryzyka będzie na pewno wykryty na podstawie zaproponowanego planu produkcyjnego	1

	3M ₂	Zajęcie linii przez inżyniera	Częste, powtarzające się przypadki zajęcia linii w celu wyjaśnienia problemu – 10 razy (średnio po 2 razy w tyg.)	6	Pojawiające się kilkukrotne przestoje w ciągu tygodnia. Łączny czas przestoju linii 308 min	4	Średnie prawdopodobieństwo wykrycia czynnika ryzyka przez bieżące kontrole. Wykrycie przyczyny ryzyka prawdopodobne	5
	3M ₃	Analiza błędów przez operatora montażu	Analiza błędów dokonywana przez operatora niemal codziennie. 29 wystąpień na 44 uruchomionych zmianach	7	Zatrzymanie linii montażowej na 670 min w ciągu miesiąca. Średni dzienny czas zatrzymania to 23 min	4	Średnie prawdopodobieństwo wykrycia czynnika ryzyka przez bieżące kontrole. Wykrycie przyczyny ryzyka mało prawdopodobne	6
	3M ₄	Dokładanie części (zasilanie linii)	5 przypadków wystąpienia czynnika ryzyka w ciągu miesiąca	4	Przerwanie produkcji na 88 min w wyniku dokładania części przez operatora	3	Czynnik ryzyka będzie na pewno wykryty. Operator widzi, kiedy kończy mu się materiał produkcyjny i linia musi być zasilona	1
CZŁOWIEK (4M)				O4M		S4M		D4M
	4M ₁	Szkolenia pracowników	Szkolenie pracowników w jednym tygodniu produkcyjnym	3	Zatrzymanie linii na 30 min. Szkolenie przebiegło na 3 zmianach produkcyjnych. Na każdej zmianie trwało 10 min	2	Prawdopodobieństwo wykrycia czynnika ryzyka i jego przyczyny bardzo wysokie	2

	4M ₂	Spotkania na linii montażowej	Wystąpienie czynnika ryzyka mało prawdopodobne	3	Zatrzymanie linii montażowej łącznie na 262 min. Wizyta klienta trwająca 198 min + spotkania przygotowujące operatorów	4	Prawdopodobieństwo wykrycia czynnika ryzyka i jego przyczyny bardzo wysokie	2
	4M ₃	Absencja pracowników	Wystąpienie problemu absencji prawdopodobne. W ciągu miesiąca 9 przypadków braku obsady linii produkcyjnej	6	Zatrzymanie linii na 9 zmian produkcyjnych	10	Bardzo małe prawdopodobieństwo wykrycia czynnika ryzyka. Znikomy nadzór nad zasobami ludzkimi	7

Źródło: opracowanie własne.

Wśród czynników ryzyka pojawiły się także dwa niezarejestrowane czynniki w kartach godzinowych – brak części od dostawców i absencja pracowników. Ich wpływ na realizację procesu był na tyle istotny, że nie mogły one zostać pominięte (dotkliwość skutku na poziomie 10 jednostek).

Następny krok badań dotyczył oceny ryzyka badanego procesu na podstawie przyjętych wzorów. W pierwszej kolejności zostały obliczone *wskaźniki jednostkowego poziomu ryzyka* dla każdej z kategorii.

Wskaźnik jednostkowego poziomu ryzyka dla pierwszego czynnika z kategorii maszyna (1M₁) – *awarie oprzyrządowani* wynosi:

$$WJR1M_1 = O1M_1 \cdot S1M_1 \cdot D1M_1 \quad (1)$$

stąd

$$WJR1M_1 = 4 \cdot 3 \cdot 2 = 24. \quad (2)$$

Wskaźnik jednostkowego poziomu ryzyka dla czynnika *awarie oprzyrządowania* wynosi 24 jednostki. Odpowiednio wskaźniki jednostkowego poziomu ryzyka dla czynników dwa i trzy wynoszą:

$$WJR1M_2 = 5 \cdot 4 \cdot 5 = 100, \quad (3)$$

$$WJR1M_3 = 7 \cdot 4 \cdot 1 = 28. \quad (4)$$

Posiadając wartości wszystkich czynników ryzyka z danej kategorii, przystąpiono do obliczenia *wskaźnika poziomu ryzyka z kategorii maszyn WPR1M*:

$$WPR1M = \sum_{i=1}^n WJR1M_n, \quad (5)$$

czyli

$$WPR1M = WJR1M_1 + WJR1M_2 + WJR1M_3, \quad (6)$$

stąd

$$WPR1M = 24 + 100 + 28 = 152. \quad (7)$$

Według zaproponowanego wzoru *wskaźnik poziomu ryzyka z kategorii maszyna WPR1M* wynosi 152 jednostki.

Obliczenia zostały przeprowadzone analogicznie dla pozostałych kategorii. Podsumowanie obliczeń przedstawia tabela 4.

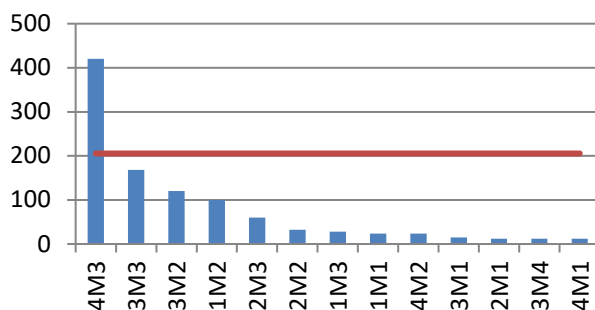
Tabela 4. Oceny ryzyka

		O1M	S1M	D1M	WJR1M	WPR1M	WSR
1M						152	1027
	1M ₁	4	3	2	24		
	1M ₂	5	4	5	100		
	1M ₃	7	4	1	28		
2M		O2M	S2M	D2M	WJR2M	WPR2M	
	2M ₁	3	2	2	12	104	
	2M ₂	4	4	2	32		
2M ₃	6	10	1	60			
3M		O3M	S3M	D3M	WJR3M	WPR3M	
	3M ₁	5	3	1	15	315	
	3M ₂	6	4	5	120		
	3M ₃	7	4	6	168		
3M ₄	4	3	1	12			
4M		O4M	S4M	D4M	WJR4M	WPR4M	
	4M ₁	3	2	2	12	456	
	4M ₂	3	4	2	24		
4M ₃	6	10	7	420			

Źródło: opracowanie własne.

Wartość wskaźnika sumarycznego ryzyka systemów produkcyjnych WSR dla analizowanego systemu wynosi 1027 jednostek. Największy wpływ na sumaryczny wskaźnik ryzyka mają czynniki dotyczące kategorii człowiek 4M i stanowią one aż 44%. Najmniejszy udział dotyczy czynników ryzyka z kategorii materiał (10%).

Ostatnim krokiem było wprowadzenie odpowiednich działań doskonalących w celu eliminacji lub zminimalizowania pojawienia się ryzyk. Zgodnie z zasadą Pareto określono granicę 80% (rys. 4). Czynniki ryzyka, który wymaga natychmiastowej poprawy dotyczy absencji pracowników (4M₃).



Rys. 4. Zastosowanie zasady Pareto

Źródło: opracowanie własne.

Analizowane przedsiębiorstwo w tym celu wdrożyło poniższe działania:

- stały system monitoringu zasobów ludzkich – bazę danych odnoszącą się do urlopów pracowniczych, obecności, możliwych zastępstw. Baza ta pozwala planować okresy urlopowe wszystkich pracowników oraz zwiększa możliwości reakcji w przypadku nieobecności operatora montażu,
- rozwinięcie kompetencji pracowników montażu, aby istniała możliwość zastępstwa na danej linii montażowej,
- comiesięczny system premiowania pracowników za brak absencji.

5. Podsumowanie

Mimo wielu opisanych w literaturze metod postępowania, zarządzanie ryzykiem nie jest łatwe. W wielu systemach produkcyjnych ryzykiem zarządza się niewłaściwie lub zupełnie się je pomija. Niniejsze opracowanie stanowi próbę ujęcia zagadnień dotyczących zarządzania ryzykiem systemów produkcyjnych przez przedstawienie zintegrowanej metodyki analizy i oceny ryzyka odnoszącej

się do głównych kategorii czynników zakłócających prawidłowy przebieg procesów produkcyjnych. Zaproponowana metoda analizy i oceny ryzyka systemów produkcyjnych powinna być integralną częścią procesów zarządzania na każdym poziomie organizacji. Identyfikacja, kategoryzacja zagrożeń oraz późniejsze określenie prawdopodobieństwa wystąpienia czynników ryzyka, ich dotkliwości dla realizowanego procesu oraz wykrywalności, powinny dostarczyć informacji, który obszar systemu wymaga największej poprawy przez zastosowanie odpowiednich działań.

Należy mieć na uwadze, że jednorazowe przeprowadzenie analizy nie przyniesie żadnych rezultatów. Poziom ryzyka, w zależności od okoliczności, stale się zmienia. Czynniki zakłócające zmniejszają się, znikają lub pojawiają się nowe zagrożenia. Jednak skuteczne zarządzanie nimi prowadzi przedsiębiorstwa do doskonalenia działań operacyjnych i podnoszenia wartości organizacji.

Literatura

- [1] **Bobik D.:** *Myślenie oparte na zarządzaniu ryzykiem – wywiad z wykładowcą Jerzy Zgierskim-Strumiłłą, ABC Jakości*. Certyfikacja. Notyfikacja, Quality Review 8(83), 55/2015.
- [2] **Burduk A.:** *Modelowanie systemów narzędziem oceny stabilności procesów produkcyjnych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2013.
- [3] **Gaschi-Uciecha A.:** *Istota ryzyka w procesach logistycznych*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Organizacja i Zarządzanie, nr 70, 121/2014.
- [4] **Jonek-Kowalska I., Turek M.:** *Zarządzanie ryzykiem operacyjnym przedsiębiorstwie górniczym*, PWN, Warszawa 2011.
- [5] **Kulińska E.:** *Selected tools for risk analysis in logistics process*, The Archives of Transport, Vol. XXIV(1), 2012.
- [6] **Łuczak J.:** *Risk assesment methods – ISO/IEC 27001 information security management system's key element*, Scientific Journals of Maritime University of Szczecin, 19(91), 65/2009.
- [7] PN-ISO 31000:2012: *Zarządzanie ryzykiem – Zasady i wytyczne*.
- [8] **Pritchard C.L.:** *Zarządzanie ryzykiem w projektach*. Teoria i praktyka, WIG-Press. Warszawa 2001.
- [9] **Stasiuk A.K., Werner-Lewandowska K.:** *Rola ryzyka w zarządzaniu produkcją*, Konferencja IZIP, Zakopane 2013.
- [10] **Whitman M.E., Mattord H.J.:** *Readings and Cases In the Management of Information Security*, Thomson Course Technology, Boston 2006.
- [11] **Zaplata S.:** *Zarządzanie ryzykiem. Ciągłość działania, znormalizowane systemy zarządzania*, Problemy Jakości 3/2013.

INTEGRATED RISK MANAGEMENT IN PRODUCTION SYSTEMS – CASE STUDY

Summary

The article focuses on the issue of risk management in productive systems through risk assessment and analysis. Different approaches of risk management have been presented. The use of integrated methodology of risk assessment and analysis in productive systems have been discussed. The author describes the matter of performing continuous analysis of possible risks from 4M group, their identification, assessment and mitigation method. This article features a case study by which production efficiency disturbing factors have been identified. Additionally the risk levels have been assessed and process improving actions indicated.