

OCENA RYZYKA WYBRANEGO PROCESU PRODUKCYJNEGO W PRZEDSIĘBIORSTWIE FAURECIA SP. Z O. O.

Anna BURDUK, Justyna LUBCZYŃSKA

Streszczenie: Artykuł poświęcony jest analizie i ocenie ryzyka wybranego procesu produkcyjnego firmy Faurecia za pomocą wybranych narzędzi. Są to znane narzędzia oceny ryzyka procesu wykorzystywane w TQM. FMEA oraz wykresy Pareto ograniczają się do kilku z nich. Mają one służyć poprawie efektywności przedsiębiorstwa, zmniejszeniu ilości awarii oraz zwiększeniu zadowolenia klienta. W literaturze można również znaleźć inne metody analizy ryzyka, takie jak HAZOP (Hazard and Operability Study) - analizę zagrożeń i zdolności operacyjnych wykorzystywaną najczęściej do oceny ryzyka procesowego. Efektywna analiza i prawidłowa ocena ryzyka procesu prowadzą do usprawniania procesów w organizacji, a przy tym stawiają zawsze na pierwszym miejscu klienta i jego potrzeby. Dokonanie takiej analizy i oceny ryzyka pozwala przedsiębiorstwu zapewnić satysfakcję klienta oraz obniżyć koszty produkcji związane z awariami. Wynikiem przeprowadzonej analizy i oceny ryzyka są zaprezentowane przykłady zastosowania metody FMEA oraz wykresów Pareto.

Słowa kluczowe: Ryzyko, LPR, FMEA, Pareto.

1. Wprowadzenie

Pojęcie ryzyka w przedsiębiorstwie wiążące się ściśle z pojęciem „zarządzanie ryzykiem” oznacza działania, związane z ograniczaniem ryzyka i zabezpieczaniem przed jego skutkami. Jest to metoda identyfikacji, a następnie kontroli obszarów lub zdarzeń, które mogą prowadzić do niepożądanych zmian lub efektów. W procesie zarządzania ryzykiem wyróżniono cztery etapy tego procesu: identyfikacja, klasyfikacja, pomiar i metody reagowania.

Początkowymi etapami zarządzania ryzykiem występującym w procesie produkcyjnym przedsiębiorstwa, warunkującymi pełną i skuteczną realizację całego procesu, są etap identyfikacji i klasyfikacji ryzyka. Identyfikacja ryzyka procesu produkcyjnego polega na usystematyzowanym ujęciu wszystkich niebezpieczeństw, które mogą stać się istotną przeszkodą w osiągnięciu zakładanego celu. Klasyfikacja ryzyka jest próbą jego uporządkowania w zależności od prawdopodobieństwa i skutków.

Pomiar ryzyka polega na przypisaniu podstawowym rodzajom ryzyka wartości liczbowych zgodnie z klasyfikacją tego zjawiska.

2. Analiza FMEA

Analizę FMEA (ang. “failure mode and effects analysis”) zaczęto stosować w latach 60. XX w. w USA. Przedmiot analizy FMEA może być różny. Dlatego w zależności od tego, co będzie badane należy wybrać odpowiednią odmianę, wyróżnić możemy m.in.:

- FMEA – analiza systemu,
- design FMEA, dFMEA – analiza wyrobu (konstrukcji, projektowania)

- ukierunkowana głównie na optymalizację niezawodności produktu,
- process FMEA, pFMEA – analiza procesu- jest prowadzona w celu rozpoznania czynników, które mogą prowadzić do ewentualnych zakłóceń procesów wytwarzania,
- machine FMEA, mFMEA – analiza maszyny.

Do analizy procesu zarządzania ryzykiem w firmie Faurecia Sp. z o. o. wykorzystano analizę FMEA procesu. Jest to metoda analizy przyczyn i skutków, która jest wykorzystywana przez przedsiębiorstwa do zapobiegania i niwelowania skutków wad procesów konstrukcyjnych i wytwórczych. W badaniach własnych przyjęto tę metodę, zakładając że będzie ona odpowiednia do wskazania i oceny ryzyka, związanego z punktami największej wrażliwości i niestabilności procesu, występującymi w czasie procesu wytwarzania pianki, co umożliwi istotne zmniejszenie ryzyka. Zgodnie z metodyką analizy FMEA wyodrębniono główne przyczyny ryzyka (zagrożenia), które mogą pojawić się w trakcie procesu produkcji piany. Następnie każdemu z zagrożeń przypisano współczynnik prawdopodobieństwa, określający częstotliwość występowania zagrożenia, związanego z danym ryzykiem P, w skali od 1 do 10, gdzie 1 oznacza brak występowania, a 10 – występowanie w każdym cyklu produkcyjnym. Kolejnym krokiem było określenie współczynnika znaczenia zagrożenia dla poprawnego przebiegu procesu wytwórczego pianki Z, również w skali od 1 do 10, gdzie 1 oznacza znikome znaczenie, a 10 – bardzo duże. Następnie każde z zagrożeń oceniono w 10-stopniowej skali pod kątem trudności w przeciwdziałaniu zagrożeniom, dotyczącym badanego ryzyka, gdzie W równe 1 oznacza bardzo łatwe przeciwdziałanie, a W wynoszące 10 –brak możliwości przeciwdziałania zagrożeniu. Na koniec dla każdego z zagrożeń obliczono liczbę priorytetową ryzyka, dotyczącą danego ryzyka LPR, według wzoru (1):

$$LPR= Z \cdot P \cdot W \text{ [pkt]} \quad (1)$$

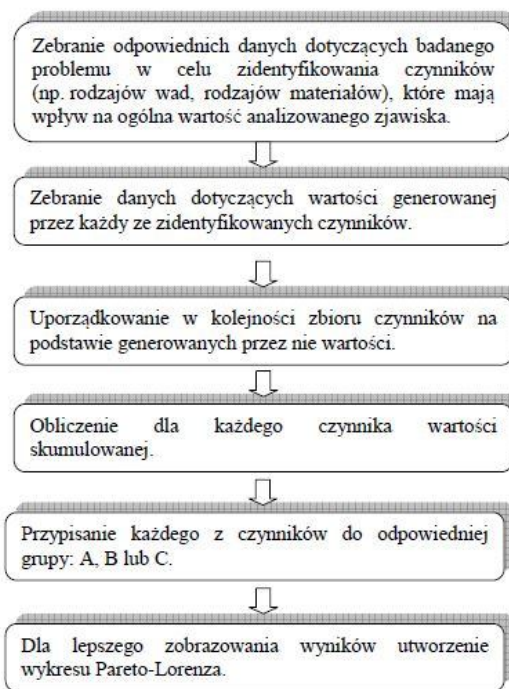
gdzie: Z- współczynnik znaczenia zagrożenia dla procesu,
 P- współczynnik częstotliwości wystąpienia zagrożenia,
 W- współczynnik trudności w przeciwdziałaniu zagrożeniom.

Liczba priorytetowa ryzyka LPR może przyjmować wartości z przedziału od 1 do 1000 punktów. Im większa wartość LPR, tym większe ryzyko, związane z zagrożeniem. Duże wartości tego wskaźnika oznaczają, że sposobowi postępowania na danym etapie procesu towarzyszy duże ryzyko, związane z bardzo dużym znaczeniem tego ryzyka, dużą częstością jego występowania lub z dużą trudnością jego wykrycia.

3. Analiza Pareto

Analiza Pareto, zwana również metodą ABC, opiera się na empirycznie stwierdzonej prawidłowości, że 20-30% przyczyn powoduje 70-80% skutków. Prawidłowość tę jako pierwszy odkrył i opisał V. Pareto. Wykorzystując dane statystyczne, analizował rozkłady dochodów ludności w wyznaczonych przedziałach. Zaobserwował, że 80% włoskich zasobów znajdowało się w rękach 20% rodzin. Stwierdzając występowanie takiego nierównomiernego rozkładu również w innych sytuacjach, Pareto sformułował zasadę znaną obecnie jako reguła 80:20. W wyniku przeprowadzonej analizy możliwe staje się

zaproprowanie działań zapobiegawczych w stosunku do wąskiej grupy precyzyjnie wyselekcjonowanych przyczyn. Umożliwia to redukcję liczby wystąpień określonych rodzajów wad bez konieczności podejmowania kosztownych działań na wielką skalę. Powszechne występowanie prawa 80:20 każdorazowo daje możliwość określenia głównych kierunków działań skupiających się na zagadnieniach najistotniejszych, zagadnieniach, w ramach których podejmowane środki pozwalają uzyskiwać maksymalne efekty. W wyniku tego możliwe staje się na przykład precyzyjne przeciwdziałanie zjawiskom negatywnym o największej częstotliwości występowania czy przeciwdziałanie zjawiskom przysparzającym najwięcej kosztów. W trakcie przeprowadzania analizy ABC w dowolnym z wymienionych obszarów elementy badanego czynnika zostają przypisane do jednej z trzech grup: A, B i C. Do grupy A są zaliczane elementy najważniejsze. Stanowią one około 20% ogólnej liczby elementów i generują około 80% wartości badanego zjawiska. Na tej grupie w głównej mierze powinny się skupiać podejmowane działania, ponieważ oddziałując na zaledwie 20% elementów badanego obszaru, czyli ponosząc relatywnie niskie koszty, można wpływać na 80% jego wartości. W celu przeprowadzenia analizy Pareto należy wykonać określone kroki. Ogólny algorytm postępowania został zaprezentowany na rys. 1.

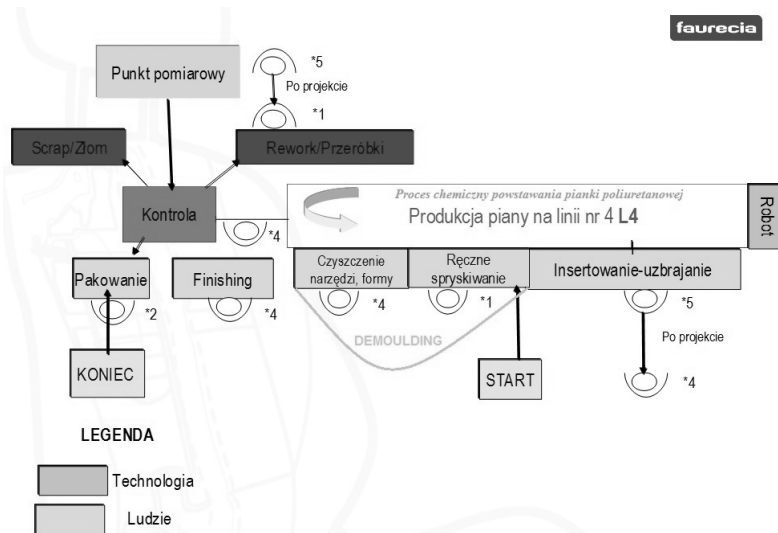


Rys. 1. Algorytm postępowania podczas przeprowadzania analizy Pareto

Źródło: opracowanie na podstawie [3, str. 132]

4. Analiza ryzyka procesu pian

Proces wytwarzania pianki poliuretanowej, którego schemat jest przedstawiony na rys. 2, jest niezwykle trudnym i bardzo niestabilnym procesem ze względu na konieczność zapewnienia w nim bardzo ściśle określonych parametrów wytwórczych, jakimi są czas, temperatura, ciśnienie, wilgotność, masa surowca wejściowego, jego skład czy jakość. Na jakość pianki powstającej w tym procesie ma wpływ bardzo wiele czynników. A im tych czynników jest więcej, tym trudniej jest te określone parametry uzyskać, a po ich uzyskaniu utrzymać je na odpowiednim, stałym poziomie.



Rys. 2. Proces produkcyjny pianki poliuretanowej na linii nr 4

Proces wytwarzania pianki na linii produkcyjnej (rys. 2) rozpoczyna operacja zwana Insertingiem. Jest to operacja wytwórcza polegająca na uzbrajaniu formy, w której będzie rosła pianka, w różnego rodzaju druty, spinacze, zaczepy, czyli tzw. inserty. Uzbrojenie w ten sposób formy, a następnie jej zalanie ma na celu, w późniejszym czasie, umożliwienie zamontowania pianki na stelażu siedziska oraz nadanie jej określonych parametrów wytrzymałościowych. Kolejną operacją jest zalanie tej formy przez robota zalewającego specjalną mieszanką chemiczną, powstałą w głowicy mieszającej. Po zalaniu formy po ściśle określonej trajektorii, nadanej robotowi zalewającemu za pomocą specjalnego oprogramowania, następuje zamykanie formy na wózku. W specjalnych warunkach zachodzi proces polimeryzacji mieszanki i w rezultacie „wyrasta” pianka. Wyrób już powstał, jednak wymaga jeszcze poprawek kosmetycznych oraz kontroli. W punkcie pomiarowym następuje kontrola wizualna i dotykowa wytworzonego produktu. Jeżeli dana sztuka przechodzi test to jest pakowana, a następnie składowana w specjalnych pojemnikach, przeznaczonych do wysyłki. Jeżeli pianka ma defekty nie do usunięcia, to jest złomem. Jeżeli natomiast defekt da się naprawić, usunąć to taka pianka trafia na stanowisko Reworku, czyli przeróbki, gdzie dokonuje się poprawek i korekcji produktu. W tym samym czasie forma jest poddawana oczyszczaniu, gdyż dla zapewnienia wysokiej jakości kolejnych produktów, które powstaną w tej formie, narzędzie to musi być czyste i odpowiednio przygotowane. W tym celu operator ręcznie spryskuje formę środkiem oddzielającym, aby wyprodukowana pianka łatwo dała się ściągnąć, przez co uniknie się defektów w postaci rozerwań.

Proces wytwarzania pianki jest niezwykle niestabilnym i bardzo trudnym do przeprowadzania procesem. Na każdym etapie tego procesu pojawiają się problemy związane z formą (wypadnięcie, niewłaściwe zamykanie), złą trajektorią zalewania formy przez roboty czy chociażby błędnym pompowaniem się poduszek hydraulicznych. Zaobserwowano, że największe problemy związane z produkcją pianki mają miejsce na etapie zalewania formy przez robota, przede wszystkim w końcowej fazie tej operacji,

kiedy to po dokonaniu przez robota zalewania formy ta zamyka się i następują procesy uszczelnienia formy przed wypływaniem płynnej substancji, z której „rośnie” piana. Aby znaleźć, gdzie leży przyczyna problemów na tym etapie procesu dokonano analizy FMEA procesu zalewania formy na stanowisku zalewania formy w kabinie robota.

4.1. Analiza FMEA procesu pian

W celu przeprowadzenia analizy FMEA procesu sporządzono tabele zawierające ustalone informacje o trudności w przeciwdziałaniu zagrożeniom na linii 4, znaczenia zagrożenia danej awarii dla procesu, czyli przede wszystkim dla klienta, oraz częstotliwości występowania tej awarii w procesie. Po ustaleniu wskaźników procesu: wykrywalności, dotkliwości oraz występowalności można przystąpić do analizy FMEA tego procesu. Tabela 1 przedstawia uzyskane wyniki.

Tab. 1. Analiza FMEA procesu pian na stanowisku zalewania form

KROK	FUNKCJA W PROCESIE	Potencjalny rodzaj awarii	Potencjalne skutki awarii	Dotkliwość Z	Potencjalne przyczyny awarii	Występowalność P	Aktualna kontrola procesu		Wykrywalność W	LPR = Z/P/W
							Prewencja	Detekcja		
Zalewanie	zalenie formy po odpowiedniej trajektorii	zła trajektoria zalewania	powstawanie niedołań/ braków	5	błąd robota- złe zaprogramowane trajektorii	6	wgrywanie odświeżonego programu trajektorii	wizualna kontrola na ekranie monitora	2	60
Zalewanie	opuszczanie górnej formy	błąd kąta 70 stopni	wypadnięcie formy z wózka, zatrzymanie linii	9	niedomykanie górnej formy	9	korekcja poduszek w czasie pracy	montaż czujników pompowania poduszek, wizualna kontrola	2	162
Zalewanie	pompowanie poduszki	błąd hydrauliki poduszki	wypadnięcie formy z wózka, zatrzymanie linii	8	złe zamontowanie formy na wózku	3	przeprowadzanie kontroli wskazań ciśnienia w poduszkach	kontrolne pomiary ciśnienia w celu wykrycia błędów hydrauliki poduszki, wizualna kontrola	7	168
Zalewanie	pozycjonowanie formy na wózku	zerwanie blokady rygla	zahaczenie o inną formę i wypadnięcie z wózka	10	zła pozycja formy, złe ustawienie wózka względem	9	zamontowanie czujników pozycjonujących	zamontowanie czujników wykrywających nieprawidłową	2	180

Jak widać na powyższej analizie stanowiska zalewania formy, awaryjność robota zalewającego nie ma większego znaczenia dla prawidłowego przebiegu tegoż procesu. Ten rodzaj awarii powoduje powstawanie niedołań oraz braków, co sprawia, że jakość produktu spada. Mimo, że ta awaria osiąga poziom znaczenia zagrożenia dla klienta równy 5 (czyli klient może odczuć dyskomfort), to częstotliwość występowania zagrożenia jest naprawdę niewielka, waha się w granicach 1 przypadku awarii na 50 różnych awarii. Ponadto trudność w przeciwdziałaniu tego rodzaju awarii jest na średnim poziomie. Poziom możliwości wykrycia tej wady uzyskuje się dzięki specjalnemu systemowi połączonemu z robotem, który informuje automatyka o nieprawidłowościach robota, które mogą się zdarzyć. Dzięki temu pracownik jest w stanie szybko reagować i korygować pracę robota. Liczba priorytetowa ryzyka w tym przypadku wyniosła 60 punktów. Jest to liczba mniejsza od 100, dlatego nie jest dużym zagrożeniem dla procesu. Należy się przyjrzeć pozostałym awariom, gdyż ich LPR-y (Liczby Priorytetowe Ryzyka) wynoszą bardzo dużo- powyżej 100 punktów.

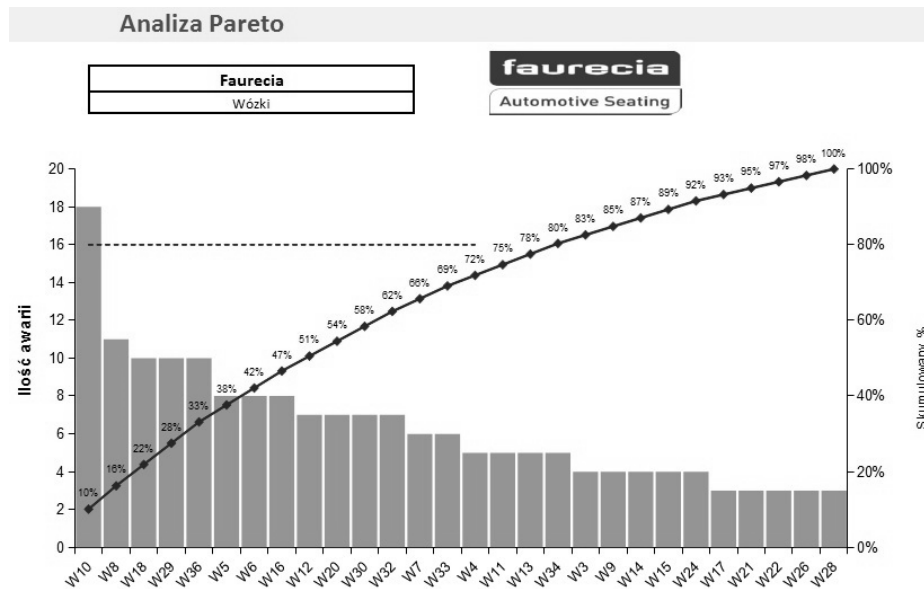
Awaria kąta 70° jest związana z błędną pracą poduszek hydraulicznych, co powoduje, że forma w czasie pracy przestaje się domykać. Skutkuje to bardzo niebezpieczną awarią, gdyż następuje wypadnięcie wózka z linii produkcyjnej, a to z kolei skutkuje jej

zatrzymaniem. Jest to najmniej pożądaną awarią dla procesu, gdyż wszystkie stanowiska przerywają pracę. Trudność w przeciwdziałaniu zagrożeniu w procesie jest bardzo mała, a prewencja prosta do zrealizowania, jednak znaczenie zagrożenia dla klienta jest bardzo wysokie, a częstotliwość występowania zagrożenia plasuje się na wysokim poziomie, co generuje niebezpieczeństwo dla stabilności procesu pian. LPR będące na poziomie 162 punktów każe niezwłocznie działać, aby zmniejszyć ten rodzaj awarii w procesie. Wady powstałe w związku ze złym opuszczaniem się poduszki również skutkują wypadnięciem wózka z formy i zatrzymaniem linii. Jest to dokładnie takie samo niebezpieczeństwo dla procesu pian jak w powyższym przypadku. Klient po wystąpieniu takiej wady jest bardzo niezadowolony (gdyż ta awaria generuje dużo nieprawidłowości w wyprodukowanej pianie) oraz wykrycie takiej wady jest trudne. Kontrolne pomiary ciśnienia w celu wykrycia błędów hydraulicznej poduszki, wizualna kontrola oraz przeprowadzanie inspekcji wskazań ciśnienia w poduszkach nie są w stanie uchronić przed występowaniem tych awarii, które nie zdarzają się często: 1 na 200 awarii. Przy awarii, której Liczba Priorytetowa Ryzyka wynosi 168 punktów, należy podjąć wszelkie możliwe kroki, aby ją wyeliminować bądź zminimalizować jej wpływ na proces wytwórczy.

Zerwanie blokady rygła, związane ze złym ustawieniem formy na wózku jest najniebezpieczniejszą awarią, która może wystąpić w tym procesie. Źle pozycjonowana forma zwykle zahacza o inną formę, przez co występuje niebezpieczeństwo wypadnięcia tych form z wózków i po raz kolejny awaria ta sprawia, że linia się zatrzymuje. Znaczenie zagrożenia dla klienta jest najwyższe, wynosi 10 punktów, co oznacza, że generuje bardzo wysoki poziom niebezpieczeństwa, ponieważ skutki tej potencjalnej wady mają negatywny wpływ na prawidłowy przebieg procesu. Częstotliwość wystąpienia tej wady jest wysoka, bo aż 1 na 3 usterki to właśnie zerwanie blokady rygła. Działania detekcyjne i prewencyjne, takie jak zamontowanie czujników wykrywających nieprawidłową pozycję wózka lub formy czy zamontowanie czujników pozycjonujących wnoszą wiele w próby eliminowania takich awarii. Z tego wynika tak niska trudność w przeciwdziałaniu tym zagrożeniom. I tak jak w poprzednich przypadkach analizy LPR wynoszące 180 punktów wymaga szybkich i efektywnych działań zapobiegających występowaniu przyczyn tych awarii. Szybko może dojść do wniosku, że największe niebezpieczeństwo awarii w procesie jest spowodowane występowaniem nieprawidłowości w maszynach, jakimi są wózki. Należy skupić się na analizie usprawnień tych maszyn. W tym celu przeprowadzono analizę Pareto oraz analizę MFMEA.

4.2. Analiza Pareto awarii wózków procesu wytwórczego pianki poliuretanowej

Bardzo słabym ogniwem procesu pian są wózki. Maszyny, na których montowane są formy, sprawiają wiele problemów automatykom i mechanikom zakładu. Aby zapobiec występowaniu przyczyn wyżej wymienionych awarii, należy przeprowadzić analizę takiego wózka. Dzięki temu można dowiedzieć się, co jest przyczyną tak częstych awarii tych maszyn. Na początku analizy oceny ryzyka zaczęto poszukiwania najbardziej awaryjnego wózka. Na podstawie kart awarii z miesiąca kwietnia sporządzono zestawienie liczby awarii występujących na poszczególnych wózkach. Dane przedstawia Rysunek 3.



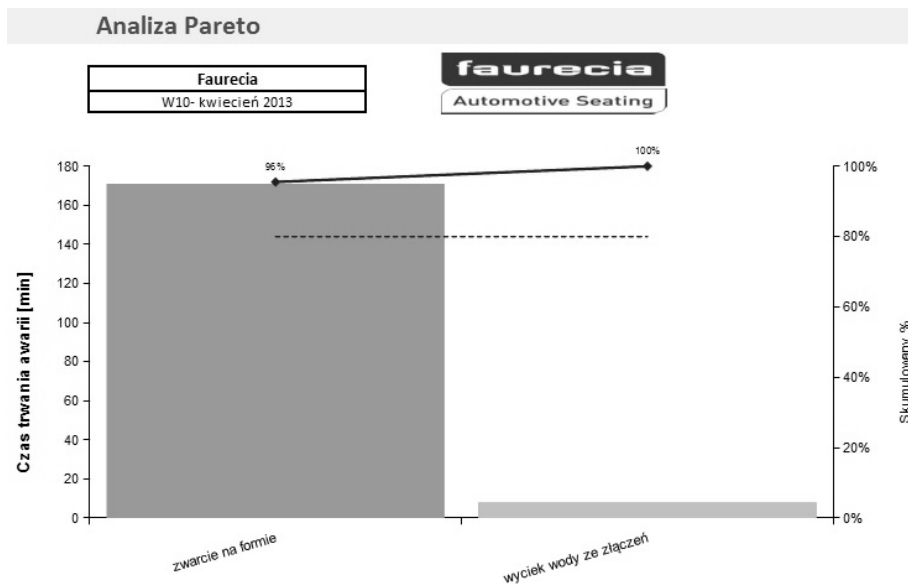
Rys. 3. Analiza Pareto wszystkich wózków występujących w przedsiębiorstwie

Na wykresie widać, że największą ilością awarii odznacza się wózek nr 10. Awarie związane z tą maszyną to aż 10 % wszystkich awarii występujących na 28 wózkach. Dlatego też w dalszej części artykułu zajęto się analizowaniem wózka nr 10 (W10).

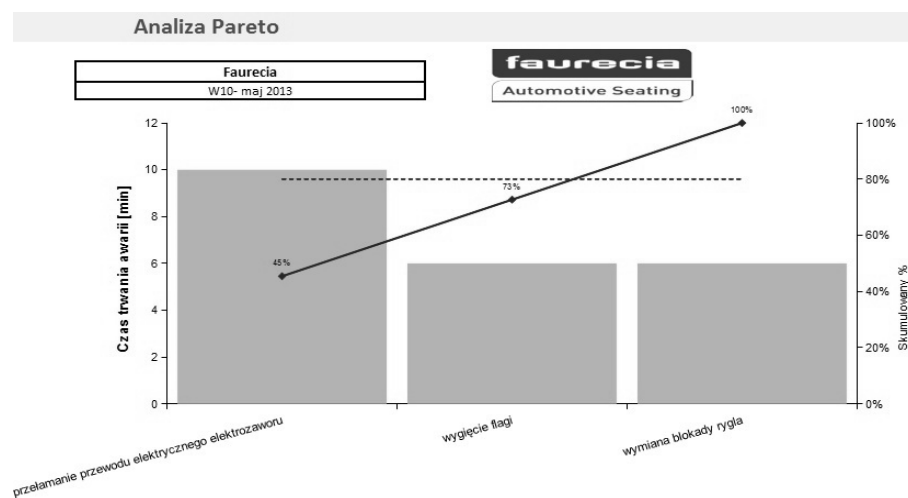
4.3. Analiza Pareto przyczyn awarii wózka nr 10

Analizy Pareto awarii wózka numer 10 dokonano na podstawie kart awarii z przeciągu czterech miesięcy: kwietnia, maja i czerwca 2013 r. Wykresy: Rysunki nr 4, 5, 6, przedstawiają uzyskane wyniki.

W miesiącu kwietniu (rys. 4) aż 95,5 % wszystkich awarii tego wózka miało związek ze zwarcie na formie. Czas tego rodzaju awarii to aż 171 minut, czyli prawie 1/3 całej dziennej zmiany, liczącej 440 minut. Awaria ta pochłania sporo czasu, na co zakład nie może sobie pozwolić, gdyż tak długi postój generuje bardzo wysokie koszty i straty.



Rys. 5. Analiza Pareto awarii Wózka nr 10 w miesiącu kwietniu 2013



Rys. 4. Analiza Pareto awarii Wózka nr 10 w miesiącu maju 2013

Kolejny miesiąc maj nie przyniósł większych problemów z awariami wózka nr 10 (rys. 5). Całkowity czas trwania awarii wyniósł wtedy 22 minuty. Jest to bardzo niewiele, jednak warto byłoby skupić się na wyeliminowaniu tych awarii lub na zredukowaniu czasów ich trwania bądź zastosowaniu nowych rozwiązań czym zajęto się przeprowadzając analizę MFMEA wózków.

Tab. 2. Analiza MFMEA wózka nr 10

Obiekt	Funkcja w procesie	Potencjalny rodzaj awarii	Potencjalne skutki awarii	Dokrywalność Z	Potencjalne przyczyny awarii	Występowalność P	Aktualna kontrola procesu		Występowalność W	LPR = Z·P·W
							Prewencja	Detekcja		
Blokada rygla	Blokuje rygiel przed otwarciem	Zerwanie blokady rygla	Zatrzymanie linii	6	Złe ułożenie formy przy pompowaniu poduszek	4	Wczesna kontrola pozycji formy	czujniki czytujące pozycję formy	3	72
Błazka centrująca	Centrowanie formy	Brak centrowania	Zatrzymanie linii	5	zużycie blaszki	2	wizualna kontrola dokonywana przez mechanika	wizualna kontrola	5	50
Złączenia	Łączy przewody, w których płynie woda	Wyciek wody ze złączy	Zatrzymanie linii	5	zużycie złączy	2	Częstsze zmiany złączy	wizualna kontrola zużycia złączy	5	50
Forma	Formowanie pianki	Brak temperatury	Zatrzymanie linii	8	Zwarcie na formie	2	Pomiar temperatur dolnej i górnej formy	Zamontowanie czujników temperatury na formach	3	48
Forma	Formowanie pianki	Alarm DP2	Zatrzymanie linii	7	Zwarcie na formie	3	Pomiary	montaż czujników i wczesne ostrzeżenie przed możliwym zwarcie	2	42
Flaga	Komunikacja z czujnikiem	Błąd kąta 0 i 90 st	Zatrzymanie linii	4	rozregulowana flaga względem czujnika	5	nowe czujniki, lepszej jakości i dokładności	wizualna kontrola flag	2	40
Flaga	Komunikacja z czujnikiem	Lewy siłownik nie otwiera się	Zatrzymanie linii	4	rozregulowana flaga względem czujnika	2	nowe czujniki, lepszej jakości i dokładności	wizualna kontrola flag	4	32
Forma	Formowanie pianki	Błąd kąta 70 st	Zatrzymanie linii	7	Zwarcie na formie	2	Montaż zabezpieczeń	montaż czujników i wczesne ostrzeżenie przed możliwym zwarcie	2	28
Przewód elektryczny	Przepływ prądu	Błąd 90 st lewego dźwigara	Zatrzymanie linii	5	uszkodzony przewód elektryczny elektrozaworu siłownika hydraulicznego	2	Montaż zabezpieczeń	brak możliwej detekcji	2	20
Forma	Formowanie pianki	Błąd kąta 70 st	Zatrzymanie linii	4	Wypływ z formy, sklejanie się górnej części z dolną	2	Używanie środka antyadhezyjnego	montaż czujników	2	16

W miesiącu czerwcu awarii nie było wiele i nie zajmowały sporo czasu (rys. 6). Należy jednak pamiętać, że w takim procesie produkcyjnym, gdzie liczy się każda sekunda, występowanie jakichkolwiek awarii jest niezwykle niebezpieczne dla prawidłowego funkcjonowania przedsiębiorstwa i dostarczania wyrobów do klientów na czas.

4.4. Analiza MFMEA wózka nr 10.

Tak samo jak w przypadku dokonywania analizy FMEA procesu, w tej analizie również na samym początku należy ustalić wartości dla wskaźników: trudności w przeciwdziałaniu zagrożeniom na linii 4, znaczenia zagrożenia danej awarii dla procesu oraz częstotliwości występowania tej awarii w procesie.

Analiza zamieszczona w tabeli 2 pokazuje, że najbardziej inwazyjną awarią dla procesu, występującą na wózkach jest zerwanie blokady rygla. Mimo że tak naprawę każda z tych awarii niesie ze sobą niebezpieczne skutki, (gdyż wszystkie powodują zatrzymanie linii, a tym samym produkcji) to zerwanie blokady rygla jest bardzo niekorzystne w odniesieniu do zadowolenia klienta. Pianka poliuretanowa, powstała w procesie przy takiej awarii, funkcjonuje, ale elementy zapewniające komfort i wygodę nie funkcjonują. Powstają niedolania, braki, twarde miejsca. Klient odczuwa dyskomfort i niewygodę. W odniesieniu do częstotliwości występowania czy trudności w przeciwdziałaniu danej awarii nie mamy zbyt wielu problemów, ponieważ wartości dla tych wskaźników są niewielkie- wahają się w granicach od 2 do 5 punktów. W przypadku wskaźnika trudności w przeciwdziałaniu zagrożeniom wynoszącemu 3 punkty widać, że te awarie nie są trudne do wykrycia, łatwo się nim przeciwdziała. Podobnie jest z częstotliwością występowania tych awarii.

Najczęściej występująca usterka zdarza się raz na 60 przypadków awarii. To nie jest dużo, jednak w tym zakładzie produkcyjnym awarie zdarzają się bardzo często, dlatego odległość czasowa między tym samym rodzajem usterki jest niewielka. Największą swą uwagę należałoby skupić na znaczeniu skutków awarii na klienta i jego zadowolenie. W tabeli nr 2 widać, że wartości dla wskaźnika dotkliwości oscylują w granicach 4-8 punktów. Z tego wynika, że podczas wystąpienia awarii w najlepszym przypadku części nie odpowiadają normom, a te błędy zauważa większość klientów. Niebezpieczeństwo dla klientów jest bardzo wysokie. Brak temperatury na formie, błąd kąta 70° (nieprawidłowe opuszczanie się górnej części formy na wózku) oraz alarm DP2, związany ze zwarcieniem na formie są bardzo istotne w odniesieniu do klienta. Po wystąpieniu takich awarii część nie działa, nie funkcjonuje, pianka traci swoje pierwotne funkcje. Klient jest bardzo niezadowolony, co we wszystkich przypadkach wiąże się ze zwrotem nieprawidłowo wyprodukowanych pian. Z tym z kolei wiążą się wysokie koszty dla zakładu związane z opłatami za niewywiązanie się z terminu, z poprawkami, ze złomowaniem. Aby zapobiegać tak kosztownym w skutkach awariom, zaproponowano kilka (zwykle bardzo prostych) rozwiązań. Przedstawia to tabela 3.

Tab. 3. Możliwości rozwiązania problemów występujących na wózku nr 10.

L.p.	Problem	Awaria	Rozwiązanie problemu
1	zużycie elementu (blaszki)	Brak centrowania formy	Nowy rodzaj blaszki (dłuższa przez co będzie miała dwa punkty podpory, dzięki czemu stanie się wytrzymała)
2	zwarcie na formie	Alarm DP2	Częstsze przeglądy form
3		Brak temperatury	montaż zabezpieczenia w klatce napraw form zgodnego z zastosowanym na linii
4		błąd kąta 70 st	wykonanie flagi z grubszego materiału
5		błąd kąta 0 st	
6	rozregulowana flaga względem czujnika	błąd kąta 90 st	montaż obejm czujników wykonanych z aluminium
7		problem z siłownikiem na wózku, lewa strona się nie otwiera	
8	uszkodzenie blokady rygla	wymiana blokady rygla	zastosowanie testowego rygla (inny rodzaj)
9	zużycie elementu	wyciek wody ze złączy	regulacja flagi i czujników kąta 0 st
10			okresowe czyszczenie i/lub wymiana złączy
11	uszkodzony przewód elektryczny elektrozaworu siłownika hydraulicznego	problem 90 st lewego dźwigara	zastosowanie lepszej jakości złączy
12			prewencyjna wymiana przewodów elektrycznych ulegających przełamaniu
13	wypływ z formy, sklejenie dolnej części formy z górną	błąd 70 st	modyfikacja kąta formy
14	uszkodzenie wężyka spowodowane czyszczeniem form suchym lodem	pęknięty wężyk powietrza od cofania siłownika rygla górnego, prawa strona	czyszczenie form poza linią, zmiana sposobu czyszczenia form, np. z suchego lodu na czyszczenie piaskowe

Analizując tabelę 3 można dostrzec, że możliwości rozwiązania występujących problemów z wózkami są bardzo proste. Aby zminimalizować błędy kąta 70° lub zapobiec braku centrowania formy wystarczy zmiana materiału bądź geometrii elementu konstrukcji. Bardzo prostym rozwiązaniem przy ograniczaniu skutków awarii jest ciągłe, regularne

monitorowanie stanu form, czyszczenie mechanizmów wózka, regulacja wszelkiego rodzaju czujników. Ponadto bardzo ważne są okresowe przeglądy i wymiany zużytych elementów. Taka kontrola, zarówno wizualna jak i pomiarowa, pozwoli na szybsze wykrycie potencjalnych przyczyn awarii i szybkie ich zlikwidowanie. Zastosowanie testowego rygla w przyszłości może zminimalizować ilość występowania awarii, których skutkiem jest kosztowna wymiana blokady rygla. Czyszczenie form na wózku suchym lodem niemalże zawsze uszkadza inne, sprawne elementy formy, dlatego tutaj pomocna może być zmiana sposobu czyszczenia form. Zamiast stosowania suchego lodu (zmrożonego CO₂) można użyć piasku, który jest mniej inwazyjny.

5. Wnioski

Do analizy oceny ryzyka w przedsiębiorstwie Faurecia Sp. z o. o. wykorzystano metody: analizę FMEA oraz diagram Pareto. Dzięki danym zebranych w przedsiębiorstwie na temat awarii występujących w zakładzie sporządzono wykresy Pareto awarii maszyn z miesięcy kwiecień, maj, czerwiec, co pozwoliło wyłonić najbardziej niestabilną dla procesu, awaryjną grupę maszyn. Wyodrębniono jedną konkretną maszynę (wózek nr 10), która powodowała najwięcej błędów w przeciągu okresu 3 miesięcy. Dla awarii występujących na wózku nr 10 stworzono 3 diagramy Pareto. Taki sposób przedstawienia danych pozwolił na wyodrębnienie najczęściej i najdłużej występujących awarii, dzięki czemu można było zobaczyć, którymi problemami należy się natychmiast zająć. Wygenerowanie arkusza FMEA dla awarii pozwoliło na wyszczególnienie tych usterek i problemów, którymi należało się niezwłocznie zająć, gdyż stanowiły niebezpieczeństwo dla procesu pian. Dzięki analizie FMEA pracownicy zakładu zdali sobie sprawę, że najbardziej awaryjnymi obiektami składającymi się na wózki są: blokada rygla, blaszka centrująca oraz złączenia (wodne). Mając informacje jakimi elementami konstrukcji wózka należałoby się zająć, można podjąć szybkie i skuteczne kroki eliminacji powstawania awarii w tych obszarach. Prowadząc dogłębną analizę procesu wywnioskowano różne, często bardzo proste i tanie we wdrożeniu działania. W większości przypadków występowania awarii wystarczą częstsze przeglądy form i innych elementów konstrukcji, częstsze czyszczenie, wykonanie elementów z innych materiałów oraz różnego typu regulacje i modyfikacje. Dzięki przeprowadzonej analizie zakład Faurecia może ograniczyć koszty związane z powstawaniem awarii, a tym samym podnieść zadowolenie klienta.

Żeby przedsiębiorstwo mogło osiągnąć stabilność procesu musi wykazywać się elastycznością wobec klienta oraz odpowiednio zarządzać swoją produkcją. Jednak, aby tego dokonać należy postarać się, by w produkcji nie występowały braki, złom czy przeróbki. Bardzo ważna jest umiejętność wykorzystywania wyżej przedstawionych metod. Przede wszystkim przeprowadzanie takich metod ma na celu jak najszybsze i najefektywniejsze zdefiniowanie miejsc awarii, ich przyczyn i co najważniejsze- możliwości ich minimalizowania bądź zupełnego eliminowania. Niektóre z metod analizy ryzyka wymagają poniesienia kosztów, jednak przeprowadzanie analiz za pomocą, np. wykresów Pareto nie jest skomplikowane, nie kosztuje wiele, a przynosi ogromne korzyści przedsiębiorstwu. Wyżej wymienione metody analizy ryzyka powinny być wykorzystywane przez każdą firmę produkcyjną.

Literatura

1. Pitchard C.L.: Zarządzanie ryzykiem w projektach. Teoria i praktyka. WIG PRESS, Warszawa, 2002, s. 343.
2. Kumbhakar Subal C, Tsionas Efthymios G.: Estimation of production risk and risk preference function: a nonparametric approach, *Annals of Operations Research*, Vol. 176, Issue 1, 2010, p. 369-378.
3. Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation: Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Reference Manual, Forth Edition, 2008.
4. Szczęśniak B., Zasadzień M., Wapienik Ł.: Zastosowanie analizy Pareto oraz diagramu Ishikawy do analizy przyczyn odrzutów w procesie produkcji silników elektrycznych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej 2012, Seria: Organizacja i Zarządzanie z. 63a Nr kol. 1891*
5. Braaksma A.J.J., Klingenberg W., Veldman J.: Failure mode and effect analysis in asset maintenance: a multiple case study in the process industry, *International Journal of Production Research*, Vol. 51, Issue 4, 2013.

Dr inż. Anna Burduk
Inż. Justyna Lubczyńska
Katedra Technologii Laserowych, Automatyzacji i Organizacji Produkcji
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny
50-370 Wrocław
Ul. Łukasiewicza 5
tel./fax: (0-71) 320 37 10
e-mail: anna.burduk@pwr.wroc.pl