



Złożenie pracy online:  
2021-08-04 09:42:33  
Kod pracy:  
6289/38661/CloudA

Marcin Majoch  
(nr albumu: 23065 )

Praca magisterska

## **Awaryjność maszyn w przedsiębiorstwie stolarki budowlanej i jej konsekwencje w aspekcie ciągłości produkcji i wyników finansowych na przykładzie firmy X**

## **Failure frequency of machines in a joinery company and its consequences in terms of production continuity and financial results on the example of company X**

Wydział: Wyższa Szkoła Biznesu - National-Louis University

Kierunek: Zarządzanie

Specjalność: zarządzanie firmą

Promotor: dr Dariusz Woźniak

Pragnę złożyć najszczerze podziękowania promotorowi dr Dariuszowi Woźniakowi za poświęcony czas oraz cenne rady, którego pomoc i wsparcie było kluczowym elementem podczas powstania mojej pracy.

Z wyrazami szacunku.

Marcin Majoch



## Streszczenie

Praca obejmuje tematykę awarii maszyn technologicznych w przedsiębiorstwie produkcyjnym. W pierwszym rozdziale dokonano ogólnej charakterystyki branży tartacznej, drugi rozdział dotyczy awaryjności maszyn, w rozdziale kolejnym przedstawiono metody i wskaźniki pomiaru awaryjności maszyn, natomiast w rozdziale czwartym zaprezentowano wyniki badań własnych. Celem badań podjętych w tej pracy jest analiza awaryjności maszyn w przedsiębiorstwie X, reprezentującym branżę tartaczoną. W pierwszej części badania dokonano analizy rejestru awarii, oraz posłużono się metodami pomiaru awaryjności maszyn wykorzystując wskaźniki niezawodności eksploatacyjnej: MTTR oraz MTBF. Wykorzystano metodę sondażu diagnostycznego, oraz technikę wywiadu. Wyniki badań wskazują na wysokie wartości wskaźnika MTTR, świadczące o zbyt długim średnim czasie likwidacji awarii oraz zbyt niskie wartości wskaźnika MTBF informujące o zbyt krótkim czasie bezawaryjnej pracy maszyn. Przedsiębiorstwo X posiada wyeksploatowany park maszynowy, charakteryzujący się wysoką awaryjnością, generującą długie przestoje w pracy. Przestoje te powodowane są głównie zużyciem maszyn, problemami z pozyskiwaniem części zamiennych oraz niskimi kwalifikacjami pracowników wydziału obsługi technicznej, co powoduje konieczność wzywania serwisantów zewnętrznych i wydłuża czas likwidacji awarii.

## Słowa kluczowe

Awaryjność, maszyny, produkcja, wydajność, finanse,



## Abstract

This thesis covers the failure of technological machines in a production company. The first chapter presents the general characteristics of the sawmill industry, the second chapter deals with the failure rate of machines, the next chapter presents the methods and indicators of measuring the failure rate of machines, while the fourth chapter presents the results of own research. The aim of the research undertaken in this paper is to analyze the failure frequency of machines in enterprise X, representing the sawmill industry. In the first part of the study, the failure register was analyzed and the methods of measuring the failure rate of machines were used, using the operational reliability indicators: MTTR and MTBF. The diagnostic survey method and the interview technique were used. The results of the research indicate high values of the MTTR indicator, which means that the average time of failure elimination is too long, and too low values of the MTBF indicator, which inform about too short time of failure-free operation of machines. Company X has depleted machinery, characterized by a high failure rate, generating long downtime at work. These downtimes are mainly caused by wear and tear of machines, problems with obtaining spare parts, and low qualifications of the employees of the technical service department, which makes it necessary to call external service technicians and extend the time of repairing breakdowns.

## Keywords

Failure, machines, production, efficiency, finances,



## Spis treści

Wstęp .....	2
<b>1. Branża tartaczna – ogólna charakterystyka .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Usytuowanie branży tartacznej w sektorze drzewnym .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Rynek tartaczny w Polsce .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3. Park maszynowy w branży tartacznej .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Awaryjność parku maszynowego – podstawowe zagadnienia .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1. Awaryjności maszyn technologicznych jako przyczyna przestojów w produkcji. 16</b>	
<b>2.2. Przyczyny awaryjności maszyn technologicznych w przedsiębiorstwie</b>	
<b>    produkcyjnym.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3. Konsekwencje awaryjności maszyn technologicznych w przedsiębiorstwie</b>	
<b>    produkcyjnym.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4. Awaryjność maszyn w przedsiębiorstwach z branży tartacznej .....</b>	<b>29</b>
<b>3. Metody i wskaźniki pomiaru awaryjności maszyn .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1. Rodzaje informacji dotyczących awaryjności maszyn .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2. Podstawowe wskaźniki oceny efektywności maszyn w aspekcie występowania</b>	
<b>    awarii .....</b>	<b>34</b>
<b>4. Analiza awaryjności maszyn w przedsiębiorstwie X .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1. Cel badań, problematyka badawcza oraz metody, techniki i narzędzia badawcze</b>	
<b>    .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2. Charakterystyka przedsiębiorstwa X oraz jego parku maszynowego .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3. Analiza przyczyn i częstotliwości awarii maszyn w przedsiębiorstwie X .....</b>	<b>40</b>
<b>4.4. Awaryjność maszyn w przedsiębiorstwie X w opinii jego pracowników .....</b>	<b>48</b>
<b>4.5. Wnioski i postulowane usprawnienia w zakresie minimalizacji awaryjności</b>	
<b>    maszyn w przedsiębiorstwie X .....</b>	<b>53</b>
<b>Zakończenie .....</b>	<b>57</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>58</b>
<b>Spis rysunków .....</b>	<b>60</b>
<b>Spis fotografii .....</b>	<b>60</b>
<b>Spis tabel .....</b>	<b>60</b>
<b>Spis wykresów .....</b>	<b>60</b>
<b>Załącznik 1 .....</b>	<b>61</b>
<b>Załącznik 2 .....</b>	<b>65</b>
<b>Załącznik 3 .....</b>	<b>67</b>



## Wstęp

Ciągle doskonalenie wytwarzanych maszyn i urządzeń połączone z dynamicznym rozwojem automatyzacji oraz powstawanie rozbudowanych systemów monitorowania wciąż nie jest w stanie zapobiegać występowaniu awarii infrastruktury technicznej. W odniesieniu do polskiej branży tartacznej problem awaryjności maszyn wydaje się tym istotniejszy, że przez dekady nie udało się wypełnić luki technologicznej dzielącej nasz przemysł krajowy od wysokorozwiniętych krajów europejskich.

Polskie przedsiębiorstwa tartaczne, zwłaszcza małe i średnie modernizują swój park maszynowy w oparciu o zakup maszyn według kryterium cenowego, co ma niewątpliwie wpływ na wydajność parku maszynowego oraz jego awaryjność. Badania przeprowadzane w przedsiębiorstwach z tej branży wskazują także, iż wykorzystywane w niej kluczowe maszyny charakteryzują się znaczącym zużyciem, ponieważ stosunkowo często są to urządzenia nabywane już po eksploatacji w krajach Europy Zachodniej.

Mimo następujących korzystnych zmian, stan techniczny parku maszynowego bardzo wielu przedsiębiorstw wciąż nie zapewnia pożądanej wydajności, m.in. ze względu na zbyt wysokie wskaźniki awaryjności maszyn. Jest to istotny problem ze względu na generowane przez awarie przestoje w produkcji, w tym zwłaszcza przestoje długotrwałe. Jak wskazują dane zawarte w raporcie Federalnej Agencji Zarządzania Kryzysowego (*ang. Federal Emergency Management Agency; FEMA*) ponad 40% przedsiębiorstw, doświadczających poważnej awarii i związanego z nią długotrwałego, nieplanowanego przestoju, nie „podnosi” się już nigdy (FitMech)

W takim aspekcie w przedsiębiorstwach z branży tartacznej istnieje szczególna konieczność dokonywania wnikliwej analizy awarii maszyn i generowanych przez nie przestojów, co ma kluczowe znaczenie w minimalizowaniu strat.

Celem niniejszej pracy jest analiza zagadnienia awaryjności maszyn w wybranym przedsiębiorstwie z branży tartacznej. Realizacja tego celu ma natomiast przynieść odpowiedź na pytanie stanowiące zarazem główny problem badawczy brzmiące następująco: Jaka jest awaryjność maszyn w przedsiębiorstwie X ?

Badania przeprowadzono w przedsiębiorstwie tartacznym średniej wielkości zlokalizowanym na terenie powiatu nowosądeckiego.

Wykorzystane metody badań to pomiar awaryjności maszyn przy wykorzystaniu wskaźników niezawodności eksploatacyjnej: MTTR (*ang. Mean Time To Repair*) – średni czas



potrzebny do naprawy awarii oraz MTBF MTBF (*ang. Mean Time Between Failure*) - średni czas potrzebny na naprawę w momencie wystąpienia awarii. Zastosowano również technikę ankiety, w ramach której opracowano autorski kwestionariusz skierowany do pracowników zatrudnionych w badanym przedsiębiorstwie tartacznym, i mający na celu zgromadzenie ich opinii na temat awaryjności maszyn w zakładzie.

Praca składa się z czterech rozdziałów. Pierwszy z nich zawiera ogólną charakterystykę branży tartacznej. Przedstawiono w nim zagadnienia dotyczące usytuowania wymienionej branży w sektorze drzewnym, polskiego rynku tartaczno, a także dokonano charakterystyki kluczowego sprzętu, w strukturze parku maszynowego przedsiębiorstw z branży tartacznej.

W rozdziale drugim zaprezentowano zagadnienia związane z awaryjnością parku maszynowego. Przedstawiono cechy funkcjonalne maszyn technologicznych, a następnie definicje awarii oraz różne ich typy, wyróżniane ze względu na kryterium złożoności i skutków, jakie wywołują. Rozdział zawiera także analizę przyczyn i skutków awaryjności maszyn w przedsiębiorstwach produkcyjnych, którą to problematykę zawężono w ostatniej jego części do awaryjności maszyn w przedsiębiorstwach z branży tartacznej.

W rozdziale trzecim dokonano charakterystyki wybranych metod i wskaźników pomiaru awaryjności maszyn, co poprzedziła krótka charakterystyka rodzajów informacji, które powinny być zgromadzone w celu sporządzenia analiz i oceny awaryjności.

Rozdział czwarty zawiera prezentację wyników badań, którą poprzedza krótka charakterystyka przedsiębiorstwa będącego terenem badań oraz opis kluczowego sprzętu w jego parku maszynowym. Przeprowadzone pomiary awaryjności maszyn oraz informacje zgromadzone za pośrednictwem badania ankietowego dały także podstawy do zaprezentowania nasuwających się wniosków oraz postulatów działań naprawczych dla badanego przedsiębiorstwa.



# 1. Branża tartaczna – ogólna charakterystyka

## 1.1. Usytuowanie branży tartacznej w sektorze drzewnym

Walory użytkowe drewna sprawiają, że jest to jeden z najczęściej wykorzystywanych surowców na świecie. Jest to zarazem surowiec odnawialny, uzyskiwany ze środowiska, choć okres jego odnawiania jest relatywnie długi. Jakkolwiek drewno było materiałem użytkowym niemal od zarania ludzkości, w początkach XXI wieku wystąpiła ogólnoswiatowa tendencja wzrostu jego popularności jako specyficznego surowca odnawialnego.

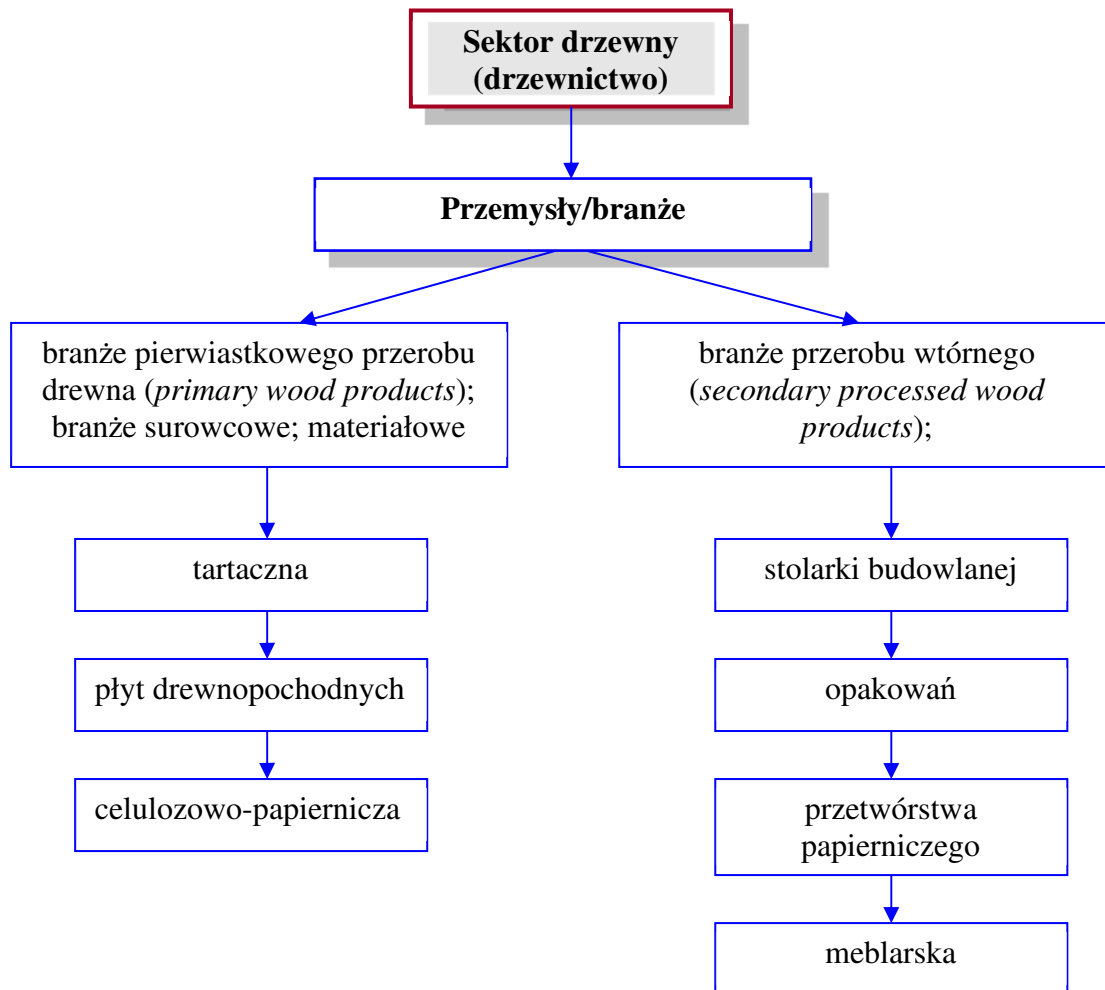
Obecnie oprócz walorów estetycznych drewna coraz bardziej podkreślane są jego zalety techniczne. Jedną z nich jest niski ciężar właściwy przy równoczesnej, znacznej trwałości mechanicznej, co z kolei sprawia, że tzw. współczynnik jakości wielu gatunków drewna jest większy od współczynnika stali. Kolejne walory to stosunkowo wysoka odporność chemiczna, niewielka przewodność cieplna, dobra izolacyjność akustyczna oraz duża odporność elektryczna. Nie bez znaczenia jest także łatwość poddawania tego surowca recyklingowi materiałowemu lub procesowi utylizacji, który może być połączony z wytworzeniem energii, a jednym z głównych walorów jest łatwość obróbki mechanicznej (P. Kozakiewicz, 2013, strony 32-33).

Sektor drzewny można określić jako dziedzinę wytwórczości, oznaczającej przerób drewna i jego pochodnych (E. Ratajczak, 2011, str. 20). Jest zaliczany do sektorów grupujących przemysły dojrzałe, tradycyjne, co wynika z relatywnie prostych sposobów obróbki drewna, przy czym z pojęciem dojrzałości wiąże się również konieczność doskonalenia technologii oraz konieczność prowadzenia walki konkurencyjnej (J. Bekas, 2020, str. 16).

Jako naturalny element tzw. łańcucha drzewnego – „las – drewno – rynek” sektor drzewny ma charakter surowcowy i jest znacząco rozbudowany. Jak pokazano na rys. 1 tworzą go poszczególne rodzaje działalności określane jako „przemysły” lub „branże” drzewne. Istnieją pomiędzy nimi znaczące zróżnicowania wynikające ze specyfiki procesów produkcji, asortymentu produktów, oraz odmiennego poziomu nowoczesności użytkowanych technologii.







**Rys. 1. Struktura sektora drzewnego**

Źródło: opracowanie własne na podstawie: E. Ratajczak, Innowacyjność sektora drzewnego w Polsce, Poznań 2009, s. 9; E. Ratajczak, G. Bidzińska, A. Szostak, I. Frąckowiak, Foresight w drzewnictwie – Polska 2020. Obszar badawczy: kompozyty drzewne, Instytut Technologii Drewna, Poznań 2011, s. 65-66.

### ***Branża tartaczna***

Określana też jako „tartacznictwo” lub „przemysł tartaczny”. Jest to branża, usytuowana na początku łańcucha przerobu, między leśnictwem, a branżami tworzącymi produkty finalne na bazie drewna, w tym również branżami umiejscowionymi w obszarze mechanicznego przerobu drewna. Inaczej ujmując, tartacznictwo związane jest z pierwotną obróbką surowca drzewnego oraz produkcją materiałów tartych, które przeznaczone są do wykorzystania w kolejnych branżach drzewnych. Jak większość branż sektora, także tartaczna umiejscawiana jest w kategorii przemysłów dojrzałych. Do jej charakterystycznych cech należy (A. Szostak, 2008, str. 89):

- stosowanie stosunkowo prostych procesów technologicznych;
- powtarzalność czynności;



- dominacja w strukturze asortymentowej produkcji wyrobów masowych.

W tartaczniactwie odbywa się kilka zasadniczych procesów technologicznych. Pierwszym z nich jest rozładunek oraz składowanie drewna okrągłego, które dostarczane jest najczęściej w formie dłużyc lub kłód. W ramach procesu kolejnego odbywa się manipulacja, sortowanie i korowanie. Manipulacja drewna okrągłego wykonywana jest w celu wyeliminowania nadmiernych krzywizn i usunięcia wad w takich sposób, aby uzyskać technologiczną długość, umożliwiającą dalszą obróbkę. Sortowanie ma natomiast na celu podzielenie surowca według zbliżonej średnicy (G. Kudliński, 2017, strony 14-15).

Podstawowym procesem technologicznym w przedsiębiorstwach tartacznych jest przerób drewna na tarcicę (fot. 1), która w zależności od wymiarów tworzy taki asortyment jak: deski, bale, belki, listwy, łąty i krawędziaki.



**Fot. 1. Tarcica jako pierwszy i podstawowy wyrób przemysłu tartaczego**

Źródło: „Gazeta Przemysłu Drzewnego” 2021, nr 4, s. 32.

W procesie przetarcia, czyli rozpiłowywania drewna, ze względu na stopień poddania go obróbce powstaje tarcica nieobryznana, której dwie powierzchnie równoległe zostają obrobione, natomiast krawędzie pozostają obłe (bez obróbki) oraz tarcica obryznana – poddana obróbce na czterech płaszczyznach i obrobionych krawędziach czoła. Różne są także sposoby przecierania drewna. Warunkowane jest to rodzajem drewna okrągłego, jego wymiarów, a także przeznaczeniem tarcicy. Można wymienić w tym zakresie przetarcie: jednodzielne, dwudzielne lub wielodzielne, jednokrotne (na ostro), dwukrotne, promieniowe, styczne, połówkowe oraz krzyżowe (Dygas, 2006, str. 15).

W przedsiębiorstwach tartacznych dość często ma miejsce łączenie produkcji zasadniczej tartaczniactwa z produkcją dodatkową. W ostatnich latach przedsiębiorstwa te coraz częściej inwestują w park maszynowy przeznaczony do dalszego przetwarzania produkowanej tarcicy, co dotyczy zwłaszcza produkcji galanterii drewnianej, półfabrykatów dla stolarki

budowlanej, półfabrykatów dla przemysłu meblarskiego, wyrobu palet oraz produkcji elementów posadzkowych (E. Ratajczak, 2011, str. 110).

### ***Branża płyt drewnopochodnych***

W jej ramach odbywa się produkcja arkuszy fornirowych oraz płyt wykonywanych na bazie drewna, a także oklein, fornirow, płyt stolarskich i sklejek dla przemysłu stolarki budowlanej i meblarskiego (E. Ratajczak G. B., 2009, str. 50).

### ***Branża stolarki budowlanej***

W ramach tej branży wytwarzane są produkty stolarki otworowej, a więc okna i drzwi, a także elementy konstrukcji domów, ścian i podłóg, schodów, boazerii itp. Rozwój tej branży w sposób znaczący determinowany jest dynamiką budownictwa, w tym zwłaszcza mieszkaniowego, ma również związek z popytem na restytucję, czyli remonty i renowacje obiektów budowlanych (E. Ratajczak G. B., 2009, str. 50).

### ***Branża opakowań drewna***

Obejmuje produkcję palet oraz pojemników drewnianych typu beczki, skrzynie i skrzynki. Obecnie obserwowanymi trendami jest wzrastająca produkcja palet, przy malejącej produkcji innego typu opakowań drewnianych. Rozwój tej branży zależny jest w dużej mierze od postaw konsumentów, a więc m.in. od tego, czy preferują opakowania z drewna, czy ze względów ekologicznych chętniej zakupią ich niedrzewne substytuty (E. Ratajczak G. B., 2009, str. 51).

### ***Branża celulozowo-papiernicza i przetwórstwa papierniczego***

W ramach branży celulozowo – papierniczej odbywa się produkcja masy włóknistej, papieru oraz tektury. Ta gałąź przemysłu jest silnie uzależniona od dostępności surowca, a także kapitałochłonna. Natomiast o przetwórstwie papierniczym mówimy wówczas, gdy następuje produkcja wyrobów z papieru lub tektury. Rozwój całej branży jest w znacznym stopniu uzależniony od zamożności społeczeństwa (E. Ratajczak G. B., 2009, str. 51).

### ***Branża meblarska***

Jest to branża dominująca w strukturze polskiego sektora drzewnego. W ostatnich dekadach odnotowywany jest stały jej rozwój i dynamicznie rosnąca produkcja. Wysoka jakość tej produkcji przy relatywnie niskich kosztach pracy sprawia, że Polska należy do grupy czterech największych eksporterów mebli na świecie (E. Ratajczak G. B., 2009, str. 51).

## **1.2. Rynek tartaczny w Polsce**

Rynek tartaczny umiejscowiony jest w kategorii znaczeniowo szerszej, którą jest rynek drzewny, definiowany jest jako „ogół stosunków wymiany między dostawcami



i odbiorcami drewna i wszystkich wyrobów wytworzonych z tego surowca, których decyzje kształtują podaż i popyt oraz ich wzajemne relacje w tej dziedzinie” (E. Ratajczak, 2001, str. 18). Biorąc pod uwagę specyfikę rynku drzewnego jest to rynek towarowy oraz branżowy (sektorowy), jest przy tym rynkiem o bardzo niejednorodnym charakterze (E. Ratajczak, 2003, str. 318).

Jak każdy sektor gospodarki, także i drzewnictwo i istniejące w jego ramach branże nie mogą funkcjonować bez podmiotów tworzących jego otoczenie. Należy tu wymienić grupy dostawców: surowca (leśnictwo), materiałów drzewnych i nie drzewnych oraz maszyn, a także nabywców produktów oraz podmioty tworzące tzw. infrastrukturę rynkową (banki, firmy ubezpieczeniowe i konsultingowe, specjalistyczne placówki edukacyjne). Według Ewy Ratajczak wszystkie branże sektora drzewnego wraz z podmiotami z jego otoczenia, jako jednostki w sposób bezpośredni lub pośredni korzystające z działalności z działalności dotyczącej drewna - tworzą, grono „przemysłów leśno – drzewnych (*forest industries cluster*). Charakteryzuje je zarazem nie tylko wspólna baza surowcowa, lecz także powiązania gospodarcze oraz konieczność prowadzenia wspólnej polityki, w celu zapewnienia konkurencyjności na rynkach światowych. Dlatego też przedsiębiorstwa drzewne coraz częściej współpracują z firmami z tej samej lub pokrewnej branży tworząc konsorcja, klastry, czy zawierając kilkuletnie umowy (E. Ratajczak, 2003, str. 112).

Przedstawione prawidłowości dotyczą także przedsiębiorstw tartacznych skupionych na rynku tartacznym. W Polsce charakterystyczną cechą tego rynku jest niejednorodność i rozdrobnienie. Obok wielkich przedsiębiorstw tartacznych, których w Polsce jest ok. 20 funkcjonują także firmy o charakterze mikro i małych przedsiębiorstw, stanowiące często przedsięwzięcia rodzinne.

Funkcjonowanie przemysłu tartaczego w największym stopniu uzależnione jest od rynku drewna, a więc ewentualnych jego braków i niedoborów oraz wzrostu cen (E. Ratajczak, 2011, str. 65). Wynikają z tego kolejne cechy rynku tartaczego, z których pierwszą jest ostre konkurowanie

o surowiec. Konkurencja ta jest tym trudniejsza, że procedury zakupu drewna ustala monopolista w jego dystrybucji, którym jest przedsiębiorstwo Lasy Państwowe. Dodatkowo w ostatnich latach na polski rynek tartaczny rozpoczęła się ekspansja wielkich międzynarodowych koncernów. Przyciąga je dobry jakościowo surowiec, relatywnie tania siła robocza, jak również rozmaite ulgi przyznawane przez władze lokalne (np. ulgi od nieruchomości). W obliczu takich uwarunkowań powstają wielkopowierzchniowe, nowoczesne i zautomatyzowane tartaki korporacyjne, które windują ceny drewna, jak również przyczyniają



się obecnie do nieistniejącej wcześniej konkurencji o pracownika. Niedoinwestowane polskie, przedsiębiorstwa tartaczne, a zwłaszcza te najmniejsze, wobec takiej konkurencji znajdują się w sytuacji zagrożenia upadkiem lub koniecznością likwidacji działalności (Polska przyciąga dużych inwestorów z branży przemysłu drzewnego. Lokalne firmy często nie są w stanie sprostać konkurencji, 2021).

Akceptacja produktów na rynku warunkowana jest w znaczącym zakresie możliwościami aparatu wytwórczego przedsiębiorstwa i stosowanymi przez nie technologiami. Inaczej ujmując, niezwykle ważny jest park maszynowy tartaków, którego charakterystyka zostanie dokonana w następnej części rozdziału.

### **1.3. Park maszynowy w branży tartacznej**

Wyposażenie przedsiębiorstw sektora drzewnego w specjalistyczne maszyny i urządzenia zależy w głównej mierze od charakteru produkcji, przy czym bardzo istotna jest też ich wielkość. Zakłady mniejsze, typu małych i mikroprzedsiębiorstw inwestują częściej w urządzenia stosunkowo proste, np. obsługiwane ręcznie. Natomiast w odniesieniu do przedsiębiorstw większych, w całym sektorze drzewnym, zauważalne są obecnie trendy związane z podnoszeniem innowacyjności technicznej. Przejawia się to w wyposażaniu firm w maszyny i urządzenia wysoko zaawansowane technologicznie oraz środki automatyzacji procesów produkcyjnych, umożliwiającym samoczynnie sterowanie, regulację oraz kontrolę przebiegu procesów technologicznych. W ujęciu bardziej szczegółowym wymienić tu należy centra obróbcze, roboty i manipulatory przemysłowe, komputery przeznaczone do sterowania oraz regulacji procesami technologicznymi (E. Ratajczak G. B., 2011, strony 32-33).

W odniesieniu do takich branż takich jak tartacznictwo, a więc wykorzystujących jeden typ surowca także niezwykle ważny jest poziom rozwoju techniczno-technologicznego. Wynika to m.in. z faktu, iż przemysł tartaczny, jako usytuowany na początku łańcucha drzewnego dostarcza swoje produkty do branż wytwarzających wyroby finalne. Wykorzystanie szybkich i precyzyjnych maszyn jest więc niezbędne dla terminowego dostarczania produktów wysokiej jakości, ponieważ w obliczu wysokiej konkurencji w tej branży, jej nabywcy nie zdecydują się na oczekiwanie na produkt, lecz zmieniają dostawcę (A. Szostak, 2008, str. 84).

Jeszcze w drugiej połowie XX wieku przedsiębiorstwa z branży tartacznej funkcjonowały na zbliżonym poziomie technologicznym, niewiele odbiegającym od osiągnięć wdrożonych w czasach rewolucji przemysłowej. W latach 70. w krajach Europy Zachodniej



zaczęto wdrażać nowe rozwiązania technologiczne polegające m.in. na zastępowaniu pojedynczych stanowisk pracy liniami produkcyjnymi, automatyzacji niektórych procesów technologicznych oraz mechanizacji prac szczególnie ciężkich i uciążliwych. W Polsce procesy te wystąpiły nieco później, przy czym wiele z nich dopiero wraz z transformacją społeczno – systemową lat 90. (A. Szostak, 2008, str. 90).

W tabeli 1 zaprezentowano elementy procesu unowocześniania parku maszynowego w przemyśle tartacznym z porównaniem zachodnich państw europejskich i Polski.

**Tabela 1. Proces unowocześniania parku maszynowego w przemyśle tartacznym**

Wyszczególnienie	Rok pierwszego zastosowania	
	Europa	Polska
Laserowe urządzenia traserskie	1982	1990
Przecieranie pryzm (pozyskanych tradycyjnie) w pilarkach tarczowych wielopiłowych	b.d	1990
Agregaty do przerobu drewna cienkiego	1970	1985
Linie do przerobu drewna średniowymiarowego: - pilarki 2-tarczowe pryzmujące i pilarki wielotarczowe rozpuszczające - okrawarki współpracujące z wielopiłami do rozpuszczania pryzm	b.d. b.d.	1990 1988
Suszarnie sterowane mikroprocesorami lub komputerami klasy PC	1980	1986
Linie sortowania jakościowo – wymiarowego tarcicy	1965	1975
Automatyzacja procesu maszynowej wytrzymałościowej klasyfikacji tarcicy konstrukcyjnej	1970	1979
Linie do produkcji płyt klejonych z drewna litego	1985	1991
Linie produkcyjne desek podłogowych klejonych warstwowo (półautomatycznie)	1968	1975
Linie do produkcji płyt posadzki mozaikowej (półautomatyczne)	1965	1983
Linie elementów klejonych (stolarka budowlana)	b.d.	1991
Linia do zbijania palet (półautomatyczna)	1965	1986
Wózki manipulacyjne wyposażone w żurawie do manipulacji przeznaczeniowej i sortowania kłód	b.d.	1992
Zdalne sterowanie chwytakami do rozładunku drewna i jego przemieszczenia na składzie surowca	1960	1979

Źródło: A. Szostak, E. Ratajczak, Technika i technologia w polskim przemyśle tartacznym –wyniki badań empirycznych, „Drewno-Wood” 2008, nr 180, s. 90-91.

Bardziej dynamiczne przemiany w zakresie wyposażenia polskich przedsiębiorstw sektora drzewnego, a w tym i branży tartacznej w maszyny i urządzenia zaczęły się odbywać po akcesji do Unii Europejskiej. Dzięki możliwości pozyskiwania środków z Europejskich



Funduszy Strukturalnych w branży tartacznej zaczęto wprowadzanie innowacji, dotyczących także parku maszynowego. Badania przeprowadzone w przedsiębiorstwach tartacznych w 2008 roku, a więc po czterech lata od wstąpienia do UE wykazały, że (A. Szostak, 2008, str. 88):

- w 76% przedsiębiorstwach dokonano modernizacji parku maszynowego;
- w 45% przedsiębiorstwach wprowadzono nowe technologie;
- w 32% przedsiębiorstwach wprowadzono nowe lub/i rozszerzono istniejące już systemy i programy komputerowe;
- w 8% przedsiębiorstwach korzystano z nowo zakupionych lub stworzonych we własnym zakresie patentów, licencji i know-how.

Ogólnie ujmując, akcesja do UE istotnie wpłynęła na proces wymiany sprzętu na szybszy, bardziej precyzyjny, bezpieczniejszy oraz częstsze wykorzystywanie technologii cyfrowych, przez co następuje coraz szybsze tempo zmniejszania dystansu techniczno-technologicznego w stosunku do państw Europy Zachodniej (J. Bekas, 2020, str. 17).

Najbardziej nowoczesne tartaki wyposażone są obecnie w wysokospecjalistyczne maszyny, urządzenia i narzędzia do mechanicznego przerobu drewna oraz precyzyjnej obróbki elementów drewnianych. Stosowane są także nowoczesne urządzenia oraz techniki pomiarowe wykorzystujące technologie zintegrowane (np. laserowo-wizyjne), wciąż następuje automatyzacja procesów mechanicznego przerobu drewna, która umożliwia kompleksowe i zdalne monitorowanie odbywających się procesów, a także rozwój systemów do sterowania urządzeniami i procesami technologicznymi (E. Ratajczak G. B., 2009, str. 92).

Podkreślić jednak należy, że procesy unowocześniania parku maszynowego w branży tartacznej są zróżnicowane i w dużej mierze zależą od wielkości przedsiębiorstwa. Według E. Ratajczak, w przedsiębiorstwach większych, w tym zwłaszcza z udziałem zagranicznego kapitału funkcjonują maszyny i urządzenia odznaczające się zdecydowanie wyższym poziomem zaawansowania technologicznego. Wynika to nie tylko z faktu, iż firmy większe dysponują większym kapitałem na zakup i modernizację sprzętu, lecz także z podejścia do zarządzania przedsiębiorstwem, ponieważ odpowiednio wykwalifikowana kadra zarządzająca w większym stopniu łączy konieczność posiadania wiedzy na temat implementacji nowych technologii ze zwiększaniem wydajności i skali produkcji (E. Ratajczak J. P., 2009, str. 80).

Niezależnie od wielkości przedsiębiorstwa tartaczego, każde z nich musi posiadać odpowiedni zestaw maszyn i urządzeń umożliwiających realizację procesu produkcyjnego.



Pierwszym węzłem produkcyjnym w przedsiębiorstwie tartacznym jest skład surowca. Tam odbywają się procesy manipulowania dłużyc, sortowania, odkorowania oraz transport kłód do hali przetarcia. W zakresie realizacji tych procesów tarki mogą się znacząco różnić ze względu na wykorzystywane w tym celu maszyny. W dużych, nowoczesnych przedsiębiorstwach stosowana jest całkowita mechanizacja czynności wykonywanych w ramach tych procesów, w związku z czym na składzie surowca instalowane są linie do podziału dłużyc na kłody, umożliwiające automatyczny, bezstykowy pomiar, wyposażone w automatyczny węzeł dzielenia oraz automatyczny przenośnik do sortowania kłód. W polskich realiach nie jest to jednak zbyt częste wyposażenie tartaków i jak powiedziano dotyczy tylko niewielkiej ilości największych zakładów. W niektórych przedsiębiorstwach średnich i małych instalowane są linie manipulacyjno – sortownicze, natomiast transport surowca do hali przecierania organizowany jest przy użyciu różnego rodzaju środków, jak np. suwnice, dźwigi, żurawie, przenośniki wzdłużne i poprzeczne, a także wózki widłowe i ciągniki. Innym rozwiązaniem jest zastosowanie specjalnego pojazdu operującego na składzie surowca, który wyposażony jest w dwa typy żurawi, pilarkę łańcuskową oraz urządzenie umożliwiające pomiar średnicy i długości surowca (A. Szostak, 2008, str. 93). Jakkolwiek przedstawione rozwiązania techniczne i stosowane w ich ramach maszyny stają się coraz powszechniejsze, istnieją jeszcze małe zakłady tartaczne o zdecydowanie niskim poziomie mechanizacji procesów odbywających się na składzie surowca. Widoczne jest to zwłaszcza w odniesieniu do procesu sortowania, o czym świadczy zupełny brak urządzeń do sortowania tarcicy, której przydatność pod względem wytrzymałości oceniania jest tylko metodą wizualną. W zakładach takich wiele prac manipulacyjnych wykonuje się przy użyciu ręcznych pilarek łańcuchowych (A. Szostak, 2008, str. 95).

Główną kategorię maszyn tartacznych stanowią traki (pilarki ramowe), służące do przecierania kłód, W ogólnym podziale wyróżniane są traki tarczowe i taśmowe. Pilarki tarczowe to najszybsze maszyny do przecierania drewna okrągłego lub obrzynania desek bocznych. Natomiast traki taśmowe wyposażone są w jedną lub wiele pił, a w zależności od ich kierunku ruchu rozróżniane są traki poziome i pionowe, a więc takie, w których rama wraz z piłami wykonuje ruchy posuwisto-zwrotne w płaszczyźnie pionowej lub poziomej. Według innego podziału wyróżniane są traki dolno i górnapędowe oraz jedno i dwupoziomowe (P. Kozakiewicz, 2013, strony 56-61).

Obecnie technologia z użyciem traków pionowych w wielu zakładach pozostawiana jest jako wiodąca, lecz dodawane są obrabiarki towarzyszące (np. pilarki tarczowe do podziału przyzm, z elastycznym zestawem tarcz). W innym wariantcie do traków taśmowych dodawane





są rębarki przyzmujące, złożone z dwóch stożkowatych tarcz z nożami zrębkującymi. Rębarki służą do zdejmowania i przerabiania na zrębki tzw. opołów (czyli skrajnych desek z kłoca) oraz odcinania desek bocznych. W polskich tartakach średniej i małej wielkości najczęściej funkcjonują hale przetarcia jedno lub dwutraktowe (P. Kozakiewicz, 2013, str. 61). Na fotografii 2 zaprezentowano najczęściej wykorzystywany w tartacznictwie typ traka, a mianowicie pilarkę ramową pionową.



**Fot. 2. Pilarka ramowa pionowa (trak pionowy)**

Źródło: Maszyny tartaczne, „Maszyny w Przemysle Drzewnym” 2017, nr 2, s. 41.

Nowoczesne maszyny tego typu wyposażone są w silniki głównej mocy oraz silniki posuwu i pompy hydrauliczne, a także zestawy do wprowadzania i szybkiego podawania kłód (P. Kozakiewicz, 2013, str. 62).

W większych, modernizowanych zakładach traki pionowe zastępowane są trakami przemysłowymi, wyposażonymi w elementy hydraulicznego sterowania kłodami. Traki tego typu posiadają stanowisko operatora z pulpitem sterującym wszystkimi funkcjami maszyny, co pokazano na fotografiach 3 i 4.



**Fot 3. Trak pionowy przemysłowy**

Źródło: S. Krzosek, Polskie tartaki, „Przemysł Drzewny” 2013, nr 2, s. 32



**Fot. 4. Stanowisko obsługi traka**

Źródło: S. Krzosek, Polskie tartaki, „Przemysł Drzewny” 2013, nr 2, s. 33

Nadmienić należy, że oprócz traków wielkogabarytowych w przedsiębiorstwach tartacznych wykorzystywane są także minitraki. Są to często niewielkie urządzenia przenośne do precyzyjnego rozcinania tarcicy na lamelki, czyli cienkie, kilkumilimetrowe warstwy drzewne (P. Kozakiewicz, 2013, str. 67).

Kolejna, niezbędna kategoria urządzeń to piły tartaczne. W tartakach tworzone są odrębne stanowiska do obróbki tarcicy w ramach których funkcjonują pilarki wielopiętne – tzw. wielopięty. W zależności od typu maszyny te mogą służyć do wzdłużnego rozkroju tarcicy lub wzdłużnego rozkroju pryzmy, a także do poprzecznego rozkroju materiałów drzewnych zwanego kapowaniem. W zakładach produkujących tarcicę najczęściej spotykane są pilarki wielopiętne górnowrzecionowe z mechanicznym posuwem obrabianego materiału (jednowałowe) bądź górno i dolnowrzecionowe (dwuwałowe). Wielopięty mogą być różnie usytuowane w procesie technologicznym. Bywają włączane w linie technologiczne poprzez zastosowanie podajników i przenośników lub funkcjonują jako wyodrębnione obrabiarki, z ręcznym podawaniem i odbieraniem materiału (G. Kudliński, 2017, str. 25).

Ze względu na obecność w parku maszynowym licznych urządzeń tnących typu traki i piły, niezbędne są także urządzenia zapewniające ich precyzyjne ostrzenie. W związku z tym w przedsiębiorstwach z branży tartacznej istotnym elementem wyposażenia są różnego typu ostrzarki. Najnowocześniejsze urządzenia tego rodzaju zapewniają nie tylko precyzję i bezpieczeństwo ostrzenia ale wyposażone są w systemy informatyczne umożliwiające zdalny dostęp do Internetu, co z kolei umożliwia integrację procesu ostrzenia z cyklem produkcyjnym, gromadzenie danych oraz obserwację tego procesu na ekranie komputera (B. Michalik, 2020, str. 46).

Standardowym wyposażeniem zakładów tartacznych są maszyny do produkcji peletu (tzw. pełeciarki). Ponieważ głównym materiałem odpadowym w tartakach są trociny

powstające przy obróbce strugania, pełeciarki przeznaczone są do zagospodarowania tych odpadów. Odbywa się to poprzez poddawanie trafiających do nich trocin procesowi zgniatania pod dużym ciśnieniem i przepuszczania przez matrycę. W wyniku prasowania powstaje pelet (pellet), będący paliwem stałym w formie granulatu, który może być wykorzystywany w instalacjach grzewczych. Maszyny wytwarzające pelet wyposażone są w przesiewacze z wibrującymi silnikami oraz chłodnice do peletu. Obecnie coraz częściej w przedsiębiorstwach tartacznych instalowane są linie do produkcji peletu, składające się nie tylko z pełeciarki, ale i urządzeń towarzyszących. W skład linii wchodzi następujące elementy: bufor załadowczy, szafa sterująca podajnika, młyn bijakowy, granulador z oprzyrządowaniem (pełeciarka) z buforem, przesiewacze, podajnik na bufor, bufor oraz pakowarka peletu. Linie tego rodzaju mogą mieć budowę modułową, w związku z czym istnieje możliwość ich rozbudowy o kolejne moduły zgodnie z zapotrzebowaniem zakładu (B. Michalik, 2021, str. 25).

Jak zostało wspomniane, wiele tartaków oprócz głównego segmentu produkcji, którym jest tarcica, decyduje się na pogłębienie produkcji i wytwarzanie dodatkowego asortymentu np. w postaci galanterii drewnianej jak np. kantówki, deski szalunkowe i inne elementy dla branży stolarki budowlanej. W związku z tym park maszynowy zostaje poszerzony o dodatkowe urządzenia. W standardowym wyposażeniu znajdują się wówczas strugarki czterostronne. Są to maszyny do obróbki drewna z czterech stron materiału, dlatego też wyposażone są w cztery głowice strugające: dolną, górną i dwie boczne (prawa i lewa) Obróbce strugarką poddawany jest materiał szorstki, a po uzyskaniu odpowiedniego wymiaru można go poddać operacji klejenia. Dlatego też o standardowego wyposażenia tartaków należą prasy służące do klejenia elementów konstrukcyjnych drewna w belki, bloki lub krawędziaki. Obecnie często wykorzystywane są prasy pneumatyczne zasilane sprężarkami o regulowanym ciśnieniu (P. Kozakiewicz, 2013, str. 68).

Mimo korzystnych zmian w sektorze drzewnym w zakresie jakości maszyn i urządzeń, nie jest możliwe całkowite uniknięcie zjawiska ich awaryjności, czego dotyczyć będzie kolejny rozdział tej pracy.

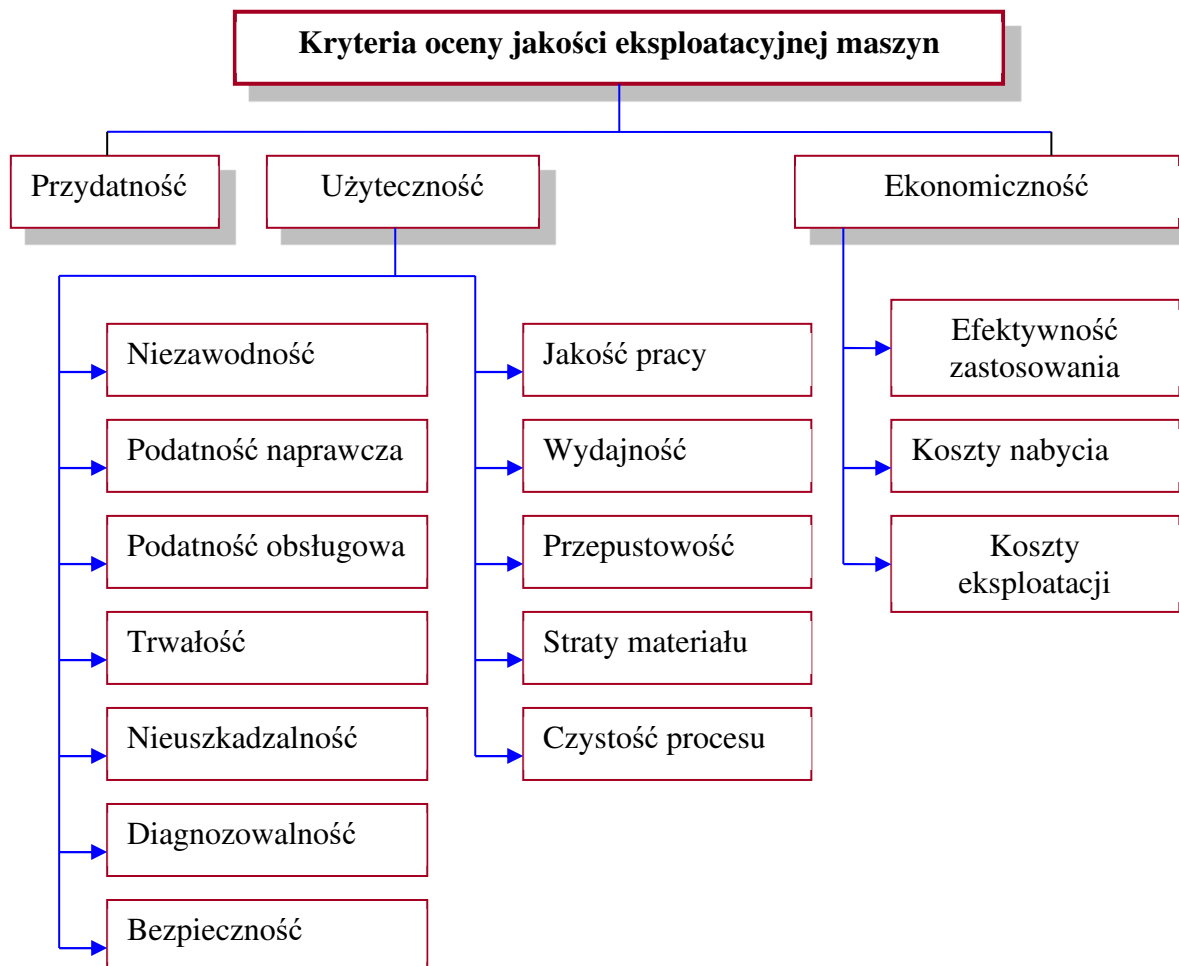


## 2. Awaryjność parku maszynowego – podstawowe zagadnienia

### 2.1. Awaryjności maszyn technologicznych jako przyczyna przestojów w produkcji

Zanim poruszona zostanie tematyka awaryjności maszyn technologicznych należy krótko nakreślić czym jest taka maszyna i jakie ma cechy funkcjonalne. W myśl jednej z definicji maszyna to „zespół wyposażony, lub który można wyposażyć w mechanizm napędowy inny niż bezpośrednio wykorzystujący siłę mięśni ludzkich bądź zwierzęcych, składający się ze sprzężonych części albo elementów, z których przynajmniej jedna jest ruchoma, połączonych w całość mającą konkretne zastosowanie” (B Słowiński, 2014, str. 35).

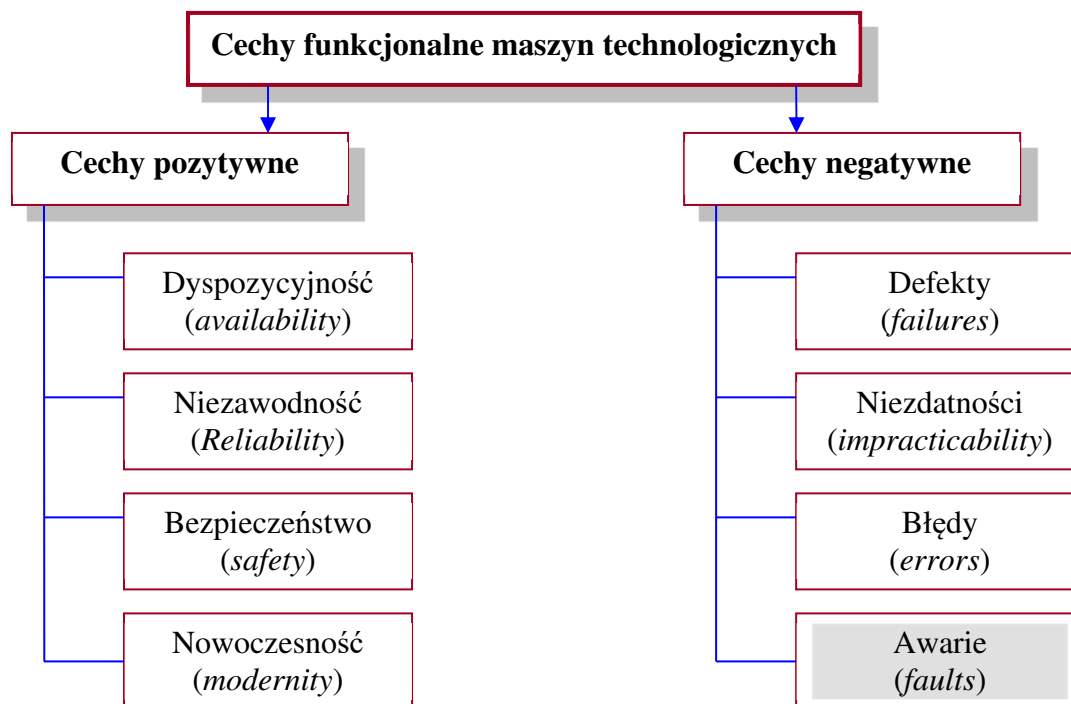
W kontekście funkcjonowania maszyn technologicznych pojawia się pojęcie ich jakości eksploatacyjnej. Podstawowe kryteria jej wyróżniania przedstawiono na rysunku 2.



**Rysunek 2. Jakość eksploatacyjna maszyn**

Źródło: M. Woropay (red.), Podstawy racjonalnej eksploatacji maszyn, Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Bydgoszcz-Radom 1996, s. 11.

W aspekcie tematyki eksploatacji maszyn wymieniane są ich cechy funkcjonalne. Można stwierdzić, że są one tożsame z przedstawianymi na rysunku 2 kryteriami związanymi z użytecznością eksploatacji maszyn. Podkreślić jednak należy, że wśród cech funkcjonalnych związanych z eksploatacją maszyn, wyróżniane są nie tylko cechy pozytywne też negatywne, które odzwierciedlono na rysunku 3.



**Rys 3. Cechy funkcjonalne maszyn technologicznych**

Źródło: B. Słowiński, Inżynieria eksploatacyjna maszyn, Politechnika Koszalińska, Koszalin 2014, s. 80.

Jak wskazują informacje zawarte na rysunku 3, awarie zaliczane są do negatywnych cech funkcjonalnych maszyn, co zarazem oznacza, że zawsze należy się liczyć z tym, iż awaria może wystąpić. Wszystkie cechy negatywne sprawiają zarazem, że uniemożliwione zostaje tak istotnych funkcji pozytywnych maszyny jak jej dyspozycyjność (gotowość) oraz niezawodność. Dyspozycyjność (gotowość) maszyny należy rozumieć jako jej zdolność do natychmiastowego wykonywania zadań, natomiast jej niezawodność związana jest z prawdopodobieństwem poprawnej pracy obiektu w danych warunkach eksploatacyjnych oraz w wymaganym przedziale czasu (E. Macha, 2001, str. 13 i 17).

Awaria jest definiowana jako nagła, niepożądana zmiana stanu sprawności maszyny, która uniemożliwia jej prawidłowe funkcjonowanie (M. Zasadzień, 2013, str. 165). Należy jednak podkreślić, że w literaturze z zakresu inżynierii maszyn pojawia się także termin „uszkodzenie”.

W niektórych publikacjach bywa on utożsamiany z awarią i w takim ujęciu uszkodzenie jest rozumiane jako zdarzenie, które polega na przejściu maszyny (lub jej elementu) ze stanu zdatności do stanu niezdatności, rozumianego jako stan, w którym maszyna nie spełnia choćby jednego z wymagań określonych w jej dokumentacji technicznej (B Słowiński, 2014, str. 10). Są również autorzy, którzy pojęcia te rozróżniają, (co zobrazowano na rys. 3). Uważają oni, że uszkodzenie (defekt, usterka; *failure*) to zdarzenie, które przerywa funkcję maszyny, natomiast awaria (*fault*) jest stanem niezdatności maszyny wynikającym z defektu/uszkodzenia (M Młyńczak, 2012, str. 101).

Tematyka uszkodzeń maszyn analizowana jest także w aspekcie różnych poziomów złożoności, a w tym zwłaszcza poziomu całego obiektu oraz jego elementów. Przyjmuje się wówczas, że uszkodzenie maszyny jako całego obiektu powoduje zaburzenie jego funkcji głównej, co może być jednoznaczne z brakiem działania, ale też z funkcjonowaniem skutkującym zmniejszoną wydajnością lub obniżoną jakością produktów. Natomiast uszkodzenia elementów skutkują zaburzeniem pewnych sfer funkcjonowania maszyny, co może dotyczyć: niemożności uruchomienia lub zatrzymania, przedwczesnego zadziałania, braku zasilania lub błędów zasilania, przerywanego, niepewnego działania, dziwnego, nieoczekiwanego działania, niemożności otwarcia lub zamknięcia, niepełnego otwarcia lub zamknięcia. W kategorii uszkodzeń elementów wymieniane są także ich fizyczne procesy destrukcyjne, jak np.: rozerwanie i rozdarcie, zgięcie i zmięcie, wibracje i drgania, wycieki z wypływem wewnątrz lub na zewnątrz, brak ruchliwości, nadmierna ruchliwość, a także błędne wskazania (M Młyńczak, 2012, str. 105).

W innej klasyfikacji uwzględniającej kryterium złożoności awarii / uszkodzeń wyróżniono następujące poziomy awarii (uszkodzeń) (B. Żółtowski, 2012, str. 13):

- awarie pojedyncze;
- awarie złożone, składające się z kilku niezależnych od siebie awarii pojedynczej maszyny;
- awarie złożone, składające się z kilku niezależnych od siebie awarii więcej niż jednej maszyny;
- awarie nie wykryte;
- dalsze awarie, których należy się spodziewać w następstwie już zaistniałej awarii.

W aspekcie tematyki możliwości wykrycia awarii rozróżniane są natomiast awarie funkcjonalne oraz potencjalne. Awaria funkcjonalna staje się przyczyną unieruchomienia i niemożności funkcjonowania całej maszyny lub też jej elementów składowych. Natomiast o awarii potencjalnej mówimy wtedy, gdy istnieje możliwość fizycznej identyfikacji oznak



tę, że jakaś część maszyny lub działające w jej zakresie urządzenie ulegnie awarii (M. Zasadzień, 2013, str. 165).

Uszkodzenia klasyfikowane są również według kryterium skutków, które powodują, w takim ujęciu prezentowane są cztery, następujące ich kategorie (M Młyńczak, 2012, strony 106-107):

- uszkodzenia i skutki pomijalne – mogące w sposób nieznaczny warunkować funkcjonowanie maszyny jako systemu elementów, bez wpływu na bezpieczeństwo eksploatacji;
- uszkodzenia i skutki znaczące – wywołujące znaczne obniżenie efektywności maszyny, jednak nadal bez wpływu na bezpieczeństwo;
- uszkodzenia i skutki **krytyczne** – powodujące ograniczenie funkcji głównej obiektu, a także niewielkie zagrożenie bezpieczeństwa;
- uszkodzenia i skutki **katastrofalne** – powodujące całkowite wyłączenie funkcji głównej maszyny, stwarzające zagrożenie w czasie eksploatacji, w tym także dla zdrowia i życia ludzi, a niekiedy też dla środowiska.

Jeszcze w nieco innym ujęciu awarie lub/i uszkodzenia interpretowane są jako zakłócenie produkcyjne. Występują dwa typy takich zakłóceń, a mianowicie zakłócenia zasileniowe (materiałowo-surowcowe, energetyczne, narzędziowe, usługowe, finansowe, informacyjne) oraz zakłócenia obiektowe, do których zalicza się zakłócenia wyposażenia, w ramach których umiejscawiane są awarie maszyn i urządzeń. Innym typem zakłóceń obiektowych są zakłócenia siły roboczej, a w tym absencja oraz niska wydajność pracowników (K. Kowalska, 2017, str. 146).

Jakkolwiek zakłady produkcyjne różnią się między sobą pod względem zaawansowania technologicznego maszyn, zakłócenia produkcyjne i wynikające z nich awarie klasyfikowane są zwykle w trzech zasadniczych kategoriach (M. Zasadzień, 2013, str. 165):

- awarie mechaniczne – awarie układów mechaniki i hydrauliki, np. awarie przekazania napędu i wiele innych typów;
- awarie elektryczne – związane z układami zasilania maszyn, np. awarie styczników, silników napędowych itp.;
- awarie automatyki – związane z układami sterowania;
- awarie w systemie informatycznym.

Wszystkie wymienione typy awarii wymagają interwencji specjalistów w swej dziedzinie, a więc mechaników, elektryków, automatyków i informatyków.



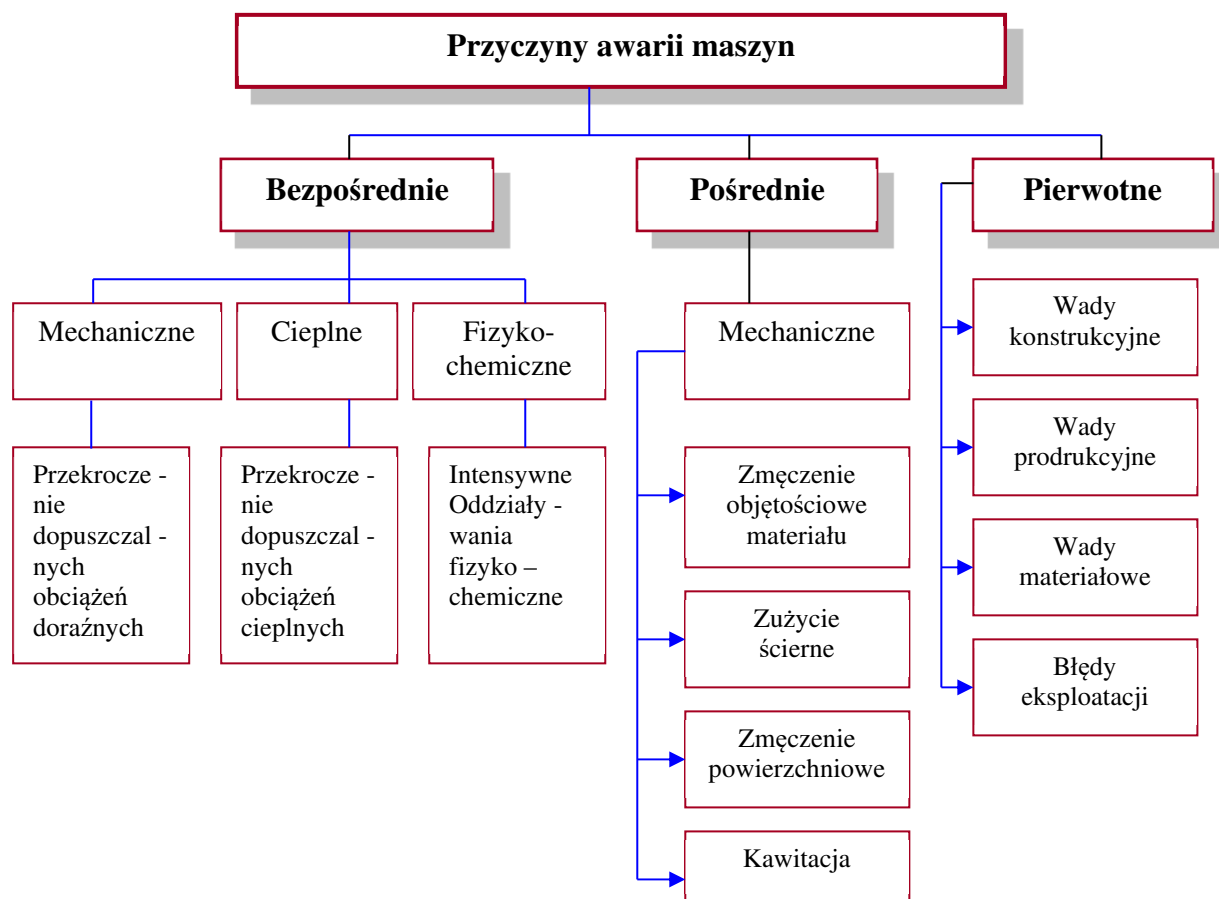
Na podstawie przedstawionej analizy literatury dotyczącej awaryjności maszyn można stwierdzić, że pojęcie awarii jest niejednoznaczne, wielopłaszczyznowe i różnorodnie interpretowane. Dlatego też w pracy niniejszej i na potrzeby badań tej problematyki przyjęto definicję autorstwa B. Żółtowskiego, który uznaje awarię jako pojęcie szersze niż uszkodzenie, stwierdzając, iż jest to stan bardzo niepożądany, dotyczący uszkodzenia maszyny uniemożliwiającego jej pracę (B. Żółtowski, 2012, str. 18).

Reasumując, awaria jest stanem niezdatności maszyny, który wiąże się z jej unieruchomieniem, bez względu na czas jego trwania oraz rodzaj wykonywanych czynności naprawczych. Przyjęto też, że uszkodzenia, defekty, usterki to zdarzenia determinujące wystąpienie awarii, ponieważ ma ona zwykle swój początek w drobnej niesprawności, która w porę nieusunięta może pociągać ze sobą znaczny zakres uszkodzeń, czyli poważną awarię, a skutki tego są wielowymiarowe.

## **2.2. Przyczyny awaryjności maszyn technologicznych w przedsiębiorstwie produkcyjnym**

Na pracującą maszynę oddziałują czynniki o różnym charakterze, co prowadzi do zużywania się jej części, a w konsekwencji staje się przyczyną uszkodzeń i awarii. W literaturze tematu przedstawiane są różne klasyfikacje przyczyn awarii, jedną z nich przedstawiono na rysunku 4.





**Rysunek 4. Przyczyny awarii maszyn**

Źródło: M. Woropay (red.), Podstawy racjonalnej eksploatacji maszyn, Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Bydgoszcz-Radom 1996, s. 14.

Analizując tematykę przyczyn awaryjności maszyn technologicznych warto odnieść się do japońskich osiągnięć w tym względzie. Po drugiej wojnie światowej, w obliczu coraz bardziej intensywnego rozwoju przemysłu, w Japonii zaczęto poświęcać wiele uwagi problematyce strat produkcyjnych wynikających z przestojów powodowanych awariami maszyn. W takich okolicznościach ukształtowała się koncepcja *Total Productive Maintenance (TPM)*, określana jako Całościowe Utrzymanie Ruchu, czyli inaczej ujmując kompleksowe podejście do ciągłego utrzymania parku maszynowego w najwyższej sprawności produkcyjnej (M Urbaniak, 2004, strony 200-202).

Głównym celem wdrożenia wymienionej koncepcji jest osiągnięcie poziomu tzw. trzech zer: zero awarii, zero braków, zero wypadków przy pracy. W odróżnieniu od wielu obecnie funkcjonujących polskich przedsiębiorstw produkcyjnych, japońscy specjaliści już w połowie XX wieku uznali, że w przypadku awarii maszyny, działania doraźne, skoncentrowane tylko na przywróceniu jej sprawności tu i teraz – są niewystarczające. W myśl koncepcji TPM uznano, że awaria ma dawać możliwość doskonalenia, w związku



z czym powinna podlegać dogłębnej analizie, wraz z dotarciem do jej przyczyny źródłowej, jak również wyciągnięciem wniosków oraz podjęciem prób zapobieżenia podobnej sytuacji w przyszłości (M Urbaniak, 2004, str. 202).

Na gruncie koncepcji *Total Productive Maintenance* opracowano także najbardziej szczegółowy katalog przyczyn awarii maszyn (S. Legutko, 2009, str. 10):

- zła jakość części zamiennych;
- złe regulacje maszyn;
- źle wykonane przebrojenie;
- przeciążenie urządzenia / zmiana parametrów;
- zmęczenie lub naturalne zużycie elementów;
- błędy obsługi;
- błędy konstrukcyjne;
- czynniki zewnętrzne, środowisko pracy;
- brak wdrożenia metody 5S.

### ***Błędy konstrukcyjne***

W tym zakresie mogą wystąpić błędy już na poziomie dokumentacji projektowej, które wynikają z pomyłek w obliczeniach. Częściej wady konstrukcyjne związane są z niewłaściwym doбором materiałów lub dotyczą nieprawidłowego wykonania głównych podzespołów maszyny, tego rodzaju wady konstrukcyjne ujawniają się zwykle na początku eksploatacji maszyn (A Motyl, 2021, str. 2/3).

### ***Złe regulacje maszyn***

Okresowe dokonywanie regulacji maszyn jest nieuniknione i powinien być to proces podlegający standaryzacji. Jednak bardzo często maszyny wymagają drobnych regulacji, które wykonywane są zwykle pod presją czasu i w sposób niefachowy. Nawet niewielka regulacja maszyny zrobiona w okolicznościach pośpiechu, zwłaszcza przez pracownika bez odpowiedniego przeszkolenia, często bez użycia odpowiednich narzędzi może skutkować niewłaściwym funkcjonowaniem podzespołów maszyny i w konsekwencji jej awarią (A Motyl, 2021, str. 1/3).

### ***Zła jakość części zamiennych***

Zła jakość części zamiennych często jest związana z chęcią cięcia kosztów poprzez zakup tańszych zamienników. Użycie takich zamienników to jednak tylko pozorna oszczędność, ponieważ mają one krótszy czas życia, a przede wszystkim mogą powodować rozstrojenie maszyn i zaistnienie kolejnej awarii. Niejednokrotnie zakupy części zamiennych



są niewystarczające, aby nie generować kosztów magazynowych. W takich sytuacjach przestoje maszyn są dodatkowo wydłużone (A Motyl, 2021, str. 1/3).

### ***Źle wykonane przebrojenie***

Przezbieranie to dokonywanie zmian wyposażenia maszyny. Po dokonaniu tych zmian mogą pozostać niedokręcone elementy maszyny, źle ustawione lub spozycjonowane podzespoły. Inny przejaw złego wykonania przebrojenia to użycie elementów przypadkowych i brak odniesienia się w tym względzie do instrukcji obsługi (A Motyl, 2021, str. 1/3).

### ***Przeciążenie urządzenia / zmiana parametrów***

Przeciążenie urządzenia może także wystąpić, gdy maszyna nowa lub będąca bezpośrednio po remoncie nie zostanie poddana tzw. procesowi docierania, które polega na eksploatacji przy początkowym obciążeniu wynoszącym ok. 1/3 obciążenia nominalnego oraz stopniowo zwiększonym do ok. 70% obciążeniu znamionowym. Częstą przyczyną awarii jest także samowolna, a więc niezgodna z zaleceniami producenta zmiana parametrów. Niejednokrotnie czynione jest to w celu zwiększenia wydajności maszyny, w konsekwencji czego skróceniu ulega czas życia podzespołów i wzrasta ryzyko wystąpienia awarii (B Słowiński, 2014, str. 198).

### ***Zmęczenie lub naturalne zużycie elementów***

Zmęczenie i zużycie elementów to naturalne procesy destrukcyjne związane z eksploatacją maszyny i stopniową lub nagłą utratą jej funkcjonalności. Zmęczenie elementów maszyny to proces destrukcyjny określany jest też jako niszczenie zmęczeniowe, którego przejawem są zmiany w postaci odkształceń lub naprężeń. Skutkiem zmęczenia elementów konstrukcyjnych maszyny mogą być także trudne do zauważenia mikropęknięcia, które z czasem postępują w głąb materiału, prowadząc do takiego jego osłabienia, iż następuje całkowite pęknięcie. Natomiast naturalne (normalne) zużycie elementów maszyny, zwane też zużyciem fizycznym, to procesy zmian zachodzących w wierzchniej warstwie materiału, które są najczęściej skutkiem tarcia powierzchni zespołów przemieszczających się po sobie. Zużycie jest także skutkiem korozji lub wynika z innych przyczyn o charakterze chemicznym lub fizycznym. Ze względu na typ oddziałującego czynnika zużywanie fizyczne elementów maszyn dzielone jest na zużywanie mechaniczne, korozyjne i korozyjno mechaniczne. Najpowszechniej występującymi skutkami zużycia fizycznego są nagłe uszkodzenia, pęknięcia lub złamania. Zużywanie się elementów może też przybrać formę przyspieszoną, a przyczyny tkwią w tym przypadku w niewłaściwych warunkach eksploatacji lub niewłaściwej obsłudze technicznej (B Słowiński, 2014, str. 43 i 88).



### ***Błędy obsługi***

Błędy obsługi są uznawane za najczęstszą przyczynę awarii i wiążą się z niewłaściwą eksploatacją (niezgodną z warunkami podanymi przez producenta), niedopatrzzeniami pracowników, które mogą wynikać m.in. z przemęczenia, nieuwagi, pośpiechu lub braku wiedzy dotyczącej obsługi maszyny (A Motyl, 2021, str. 2/3).

### ***Czynniki zewnętrzne, środowisko pracy***

Czynnikiem awarii tkwiącym w środowisku pracy może być nadmierna liczba przeprowadzanych kontroli, które rozpraszają uwagę pracowników obsługujących maszyny i urządzenia. Czynnikiem tej kategorii jest również nadmierna biurokracja w zakładzie, powodująca odrywanie pracownika od zasadniczych czynności. Inną kategorią czynników to warunki najbliższego środowiska maszyny takie jak: wilgoć, zbyt wysoka temperatura, zapylenie, obecność agresywnych preparatów chemicznych, co zwłaszcza przy braku odpowiednich osłon najwrażliwszych części maszyny skutkuje awariami (J. Mazurkiewicz, 2004, str. 2).

### ***Brak wdrożenia metody 5S***

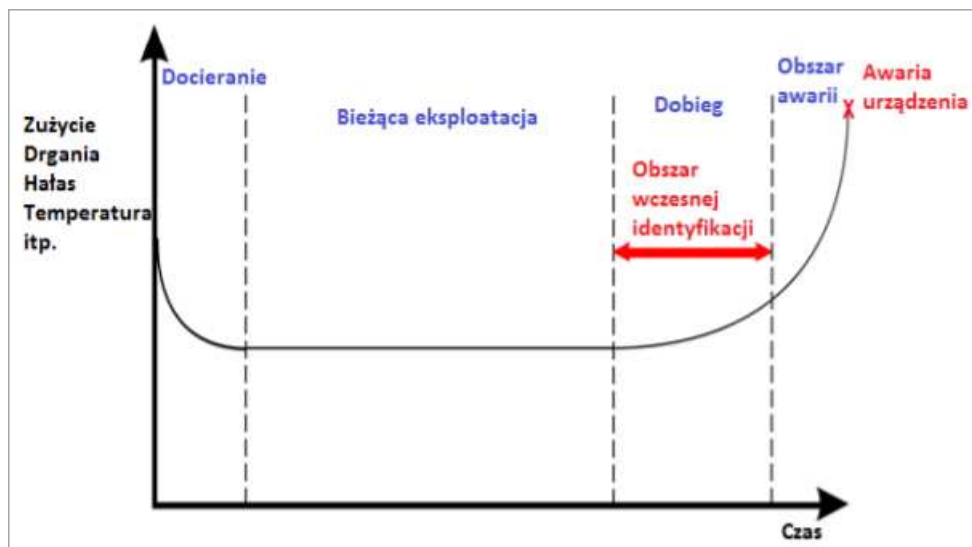
Metoda 5S zwana inaczej praktykami 5S wiąże się z pięcioma założeniami, mającymi na celu sprawną organizację stanowiska pracy, utrzymanie dyscypliny i porządku, jak również ciągłe obserwowanie maszyn i urządzeń podczas ich funkcjonowania. W ujęciu bardziej szczegółowym założenia 5S są następujące (S. Legutko, 2009, str. 10):

- seiri – dokonanie selekcji, pozbycie się rzeczy niepotrzebnych;
- seiso – sprzątanie miejsca pracy;
- seiton - systematyka - miejsce na wszystko i wszystko na swoim miejscu;
- seiketsu – schludność - ustalenie standardów;
- shitseke – samodyscyplina - utrzymanie standardów.

Stosowanie wymienionej metody zdecydowanie zwiększa dbałość pracownika o użytkowane przez niego urządzenia. Utrzymanie porządku na stanowisku pracy zapobiega m.in. zanieczyszczeniu maszyny, czy dostania się do jej wnętrza elementów niepożądanych, mogących spowodować uszkodzenia. Z kolei jej obserwacja w trakcie wykonywania zadań umożliwia identyfikację drgań, odgłosów, zapachu temperatury czy zanieczyszczonych produktów, jako oznak pewnych nieprawidłowości, które szybko uchwycone mogą zapobiec awarii. Brak zastosowania metody 5S, skutkujący nieporządkiem i chaosem wokół działającego urządzenia może sprawiać, że niezauważony zostanie tak istotny symptom awarii jak wyciek oleju, czy wypadające z niej np. zużyte śruby i inne elementy (A Motyl, 2021, str. 3/3).



Prawdopodobieństwo wystąpienia awarii nie jest wartością stałą i zmienia się z czasem eksploatacji urządzenia co pokazano na rysunku 5.



**Rysunek 5. Awaryjność maszyn a czas ich eksploatacji**

Źródło: J. Blata, J. Juraszek, Metody diagnostyki technicznej, teoria i praktyka, Wysoká Skola Báňská – Technická Univerzita, Ostrava 2013, s. 7.

Gdy maszyny są nowe, w niewielkim stopniu wyeksploatowane, awaryjność wynika zwykle z błędów popełnianych przy montażu maszyn lub błędów popełnianych przy ich obsłudze, co często ma związek z niewystarczającym przeszkoleniem pracowników. Natomiast w okresie naturalnego wyeksploatowania maszyn awaryjność uzależniona jest od eksploatacji oraz jednostkowych cech konstrukcyjno - wykonawczych (J. Mazurkiewicz, 2004, str. 2).

Wszystkie wymienione przyczyny awarii mają swoje konsekwencje, które przedstawione zostaną w kolejnej części rozdziału.

### **2.3. Konsekwencje awaryjności maszyn technologicznych w przedsiębiorstwie produkcyjnym**

Bezpośrednią konsekwencją awarii maszyn technologicznych są przestoje techniczne, które niekiedy nie dotyczą już tylko samego obiektu, który uległ awarii, lecz także linii produkcyjnej lub nawet całego zakładu produkcyjnego. W najbardziej ogólnym ujęciu awarie maszyn uniemożliwiają realizację planu produkcyjnego, ale skutki tego są już wielowymiarowe.

Brak realizacji planu produkcyjnego prowadzi do niewywiązania się z umów handlowych na dostawy wyrobów. Jeśli produkt ma być przetwarzany w kolejnym

przedsiębiorstwie, pojawia się ryzyko zatrzymania produkcji u partnera handlowego. Wszystko to powoduje nie tylko spadek sprzedaży, możliwość utraty zleceń i klientów, lecz także stratę dobrego wizerunku, jako terminowego, rzetelnego producenta (Z. Banaszak, 2011, strony 174-175).

Kolejna konsekwencja awarii maszyn to straty wynikające z marnotrawstwa surowca, który zostaje przez maszynę uszkodzony. Zdarza się to w sytuacjach, gdy symptomy awarii nie zostaną w porę zidentyfikowane, a maszyna przed utratą zdolności wypuszcza jeszcze partie produktów, które są niepełnowartościowe. Gdy trafią one do sprzedaży, wzrasta liczba reklamacji, a w niektórych przypadkach może zaistnieć konieczność wycofania produktu z rynku wraz z poniesieniem odpowiedzialności za straty nabywców (Z. Banaszak, 2011, str. 175).

Nadmienić również należy, że znacząco poważniejsze konsekwencje i większe straty występują, gdy awaria zaistnieje na linii produkcyjnej. Dotyczy to sytuacji, gdy pracuje układ maszyn współpracujących, wykonujących kolejne operacje, w efekcie których z podanego na początku linii surowca wytwarzany jest produkt finalny. Jeśli awaria nastąpi na początku linii produkcyjnej często dochodzi do uszkodzenia przetwarzanego materiału, który trudny do usunięcia z nieprzerwanego ciągu produkcyjnego wędruje dalej, powodując kolejne awarie na linii. Szczególnie negatywne skutki awarii widoczne są w dużych przedsiębiorstwach posiadających zautomatyzowane linie produkcyjne. W takich zakładach terminowe zakończenie jakiegoś procesu produkcyjnego warunkuje rozpoczęcie procesu kolejnego. Tak więc w sytuacji wystąpienia nawet najdrobniejszej awarii może dochodzić do zatrzymania całej produkcji (J. Mazurkiewicz, 2004, str. 2).

Awarie maszyn, zwłaszcza gdy oczekiwanie na naprawę jest długotrwałe oznaczają dla przedsiębiorstw znaczące straty finansowe. Bezpośrednie koszty związane są koniecznością napraw i remontów, zakupem części zamiennych, przy czym koszty te dodatkowo wzrastają, gdy dokonanie napraw nie jest możliwe bez udziału firm zewnętrznych. Uwzględnić także należy koszty utraconej produkcji i utraty czasu produkcji, jak i dodatkowe koszty pośrednie. Istotnym problemem są tzw. koszty ukryte awarii, które znacząco obciążają wyniki finansowe przedsiębiorstw produkcyjnych, lecz bardzo często nie jest rozpoznany ich konkretny wymiar. Próbę oszacowania tego rodzaju kosztów podjął w latach 90. Michael Vorster, opracowując model LAD (*Lack of Availability and Downtime*), w ramach którego zawarł cztery zasadnicze kategorie kosztów ukrytych awarii maszyn (R Chciuk, 2017, str. 63):

- ARI (*Associated Resources Impact*) - koszty obniżenia produktywności maszyn oraz innych zasobów współpracujących z maszyną, która uległa awarii – w ich aspekcie



analizowane są koszty straconego i nieodzyskiwalnego czasu operatora maszyny, a także straty związane z oderwaniem serwisantów od planowych napraw czy konserwacji maszyn, co zarazem może skutkować przestojami innych maszyn;

- LOR (*Lack of Readiness*) – koszty kar za brak gotowości do pracy – analizie podlegają wszelkie zagadnienia dotyczące kar umownych;
- SLI (*Service Level Impact*) – koszty zmniejszonej efektywności maszyn podobnych, które realizują zadania zespołowe, a jedna z nich ulega awarii, wtedy zespół może pracować nadal, lecz jego efektywność maleje;
- AMI (*Alternative Method Impact*) – są to koszty związane z koniecznością zmiany metody produkcji na mniej efektywną, generowane są zwykle w sytuacjach, gdy przewidywany czas przestoju maszyny może być długi, użytkowana jest wówczas maszyna zastępcza, która może mieć nieco inne parametry, a w związku z tym niższą wydajność;

Kosztami ukrytymi są także wszystkie koszty wynikające z pozostawienia maszyny na biegu jałowym, a w ogólnym ujęciu uważa się, że są nimi wszystkie koszty, które nie są pokrywane sprzedażą produktów, które mogłyby być wytworzone podczas przestoju (R Chciuk, 2017, str. 65).

W nieco innym, bardziej ogólnym ujęciu koszty awarii dzielone są na dwie kategorie. Pierwsza z nich to tzw. koszty interwencyjne (bezpośrednie) obejmujące robociznę i materiały. W kategorii tych kosztów interwencyjnych ujmowane są również koszty konserwacji maszyn i urządzeń, w strukturze których umiejscawiane są koszty administracyjne, robocizna, materiał oraz podwykonawstwo. Natomiast kategoria druga to koszty przestojów, w strukturze których znajdują się m.in. koszty: utraconej produkcji, a także inne koszty wynikowe, takie jak np. rekonfiguracja alternatywnych linii produkcyjnych, stosowanie mniej wydajnych metod, obniżona jakość produktu czy utracony surowiec (R. Pascual, 2008, str. 144). Jakkolwiek identyfikacja kosztów interwencyjnych jest prosta, zdecydowanie większy problem stwarza oszacowanie kosztów przestojów, ponieważ zależą one zazwyczaj od kilku czynników zewnętrznych, a w tym min.: tempa produkcji, ceny zapasów, parametrów zapasów oraz alternatywnych metod produkcji (R. Pascual, 2008, strony 144-145).

We wspomnianych poprzednio kosztach wynikowych powstałych w wyniku awarii i determinujących zarazem brak dostępności oraz przestoje wyróżnia się zwykle cztery zasadnicze składniki (R. Pascual, 2008, str. 145):



- koszty braku gotowości – definiowane są jako kary, które mogą być nałożone w związku z oczekiwaniem, że zasoby produkcyjne będą przez większość czasu utrzymywane w stanie operacyjnym;
- koszty wpływu na poziom usług – mierzą zmniejszoną produktywność floty sprzętu, gdy część tej floty ulega awarii;
- koszty wpływu metody alternatywnej – występują wówczas, gdy ze względu na awarię danego elementu oryginalnego zespołu produkcyjnego konieczne jest zastosowanie innej metody produkcji;
- powiązane koszty wpływu na zasoby – dotyczą skutków awarii dla innych elementów zespołu.

W kontekście wymienionych powyżej kosztów wynikowych omawia się także koszty wywołane przez operatora maszyny. W tym względzie bierze się pod uwagę motywację i morale operatora, a przede wszystkim jego umiejętności, które mogą mieć wpływ na złe praktyki operacyjne. Ostatnia z wymienionych kwestii została wnikliwie zbadana, a uzyskane wyniki jednoznacznie wskazały związek zwiększonej częstotliwości przestojów sprzętu i wynikających z tego kosztach spowodowanych z zaniedbaniami operatorów brakiem odpowiedniego przeszkolenia oraz know-how ze strony osoby nadzorującej sprzęt (R. Pascual, 2008, str. 146). W kontekście tematyki kosztów awarii i przestojów należy również wymienić koszty przechowywania części zamiennych i koszty związane z konserwacją sprzętu (R. Pascual, 2008, str. 149).

Awarie maszyn rozpatrywać także należy w kategoriach niematerialnych. Przede wszystkim mogą się wiązać z zagrożeniem zdrowia lub życia operatorów. Są to też sytuacje stresogenne, wywołujące silne negatywne emocje u osób, których problem dotyczy bezpośrednio jak i pośrednio. Można więc mówić o kosztach psychicznych awarii, które mają także dalsze konsekwencje, np. w postaci podejmowania błędnych czy nieprawidłowych decyzji, co również może generować wymierne straty. Awarie i związane z nimi przestoje techniczne powodują też dezorganizację pracy. Prezentowany jest również pogląd, że nadmierna awaryjność maszyn w danym przedsiębiorstwie może być znaczącym czynnikiem ograniczającym kreatywność, ponieważ zarówno czas, jak i zasoby finansowe skupiane są nadmiernie na rozwiązywaniu problemów awarii i napraw, zamiast na zagadnieniach dotyczących wprowadzania innowacji (R Chciuk, 2017, str. 64).





Inna kategoria strat może dotyczyć przedsiębiorstw, których produkcja ma związek z użyciem różnych substancji chemicznych. Awaria maszyny może być wówczas przyczyną wydostania się z instalacji takich substancji, czego skutkiem są skażenia środowiska naturalnego (R Chciuk, 2017, str. 65).

Należy również nadmienić, że po usunięciu awarii może wystąpić sprzężenie zwrotne, ponieważ po czasie przestoju zwykle istnieje konieczność nadrobienia zaległości, w związku z czym wymusza nadmierną eksploatację maszyn skutkującą zwiększeniem awaryjności (K. Kowalska, 2017, str. 148). Konsekwencją szybkiego nadrabiania zaległości bywa także przyspieszone tempo pracy, co z kolei stwarza ryzyko obniżenia jakości produktów, obniżenia standardów kontroli jakości, a w efekcie generuje koszty, wynikające z następujących powodów (K. Kowalska, 2017, str. 148):

- przestoju pracowników;
- dodatkowego wynagrodzenia za pracę z tytułu godzin nadliczbowych;
- przestoju stanowisk produkcyjnych;
- niewykonanej produkcji;
- wybrakowanej produkcji.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że brak maksymalnego wykorzystania zasobów produkcyjnych powodowanego awariami maszyn generuje szereg negatywnych skutków finansowych i wizerunkowych przedsiębiorstwa, co znacząco wpływa na jego rentowność oraz konkurencyjność rynkową.

Jakkolwiek ryzyko wystąpienia awarii maszyn zawsze powinno być brane pod uwagę w każdym zakładzie produkcyjnym, istnieją sposoby zarządzania awariami i minimalizacji tego zjawiska, a także metody i wskaźniki jego pomiaru, czego dotyczyć będzie kolejny rozdział tej pracy.

#### **2.4. Awaryjność maszyn w przedsiębiorstwach z branży tartacznej**

Jak nadmieniono w rozdziale pierwszym niniejszej pracy tartaczniostwo, jako usytuowane na początku łańcucha drzewnego dostarcza swoje produkty do branż wytwarzających wyroby finalne. Zaopatrywanie wielu dziedzin gospodarki w niezbędne materiały to swoiste zobowiązanie, które zniweczyć mogą powtarzające się awarie. Awarie te mogą wynikać ze wszystkich analizowanych w poprzedniej części rozdziału przyczyn, jak i nieść wszystkie wymienione konsekwencje.

Podobnie jak trudno w sposób szczegółowy dokonać charakterystyki parku maszynowego przedsiębiorstw z branży tartacznej, równie trudno w sposób wyczerpujący opisać zagadnienie jego awaryjności. Wynika to zarówno z różnej funkcjonalności maszyn, jak i ich skomplikowanej konstrukcji, przez co awarie mogą dotyczyć wielu różnych podzespołów i elementów oraz wywoływać rozmaite skutki.

Ze względu na specyfikę produkcji, jedną z priorytetowych funkcji maszyn w przedsiębiorstwach tartacznych jest przecieranie, ścinanie, przycinanie i tym podobne czynności, jedną z powszechniej zdarzających się awarii są awarie elementów tnących, pilarek, ścinarek, ścinaków oraz specjalistycznych pił. Niewątpliwie wiele awarii w trakach wynikać może z błędów i zaniedbań oczyszczania elementów tnących. Ze względu na rodzaj obrabianego surowca piły podłużne do traków, jak i inne rodzaje pił tartacznych szczególnie narażone są na zabrudzenia żywicą. Osad z żywicy, gromadzący się głównie we wrębach między zębami piły oraz na bocznych powierzchniach tarczy powoduje zwiększenie tarcia w obszarze zębów skrawających, przez co wzrastają opory skrawania i dochodzi do nagrzewania się tarczy. Piła zaczyna wówczas pracować nierównomiernie i wibrować, czego konsekwencją jest znaczące pogorszenie jakości powierzchni przecinanego materiału. Wysoka temperatura wytwarzana jest także na powierzchni roboczej zębów, co sprzyja dodatkowemu rozpuszczaniu się żywicy zawartych w drewnie, przez co niekorzystnie zwiększa się stopień jego przyczepności do powierzchni piły. Wszystkie wymienione negatywne zjawiska powodują wzrastające obciążenie silnika maszyny, co może skutkować także jego awarią (G. Kudliński, 2017, str. 17).

Podobne zagrożenia mogą wynikać z zanieczyszczeń wiórami i trocinami. Większość traków tartacznych posiada systemy odprowadzania odpadów wiórowych, jednak pilarki łańcuchowe używane w trakcie prac manipulacyjnych są szczególnie wrażliwe na ten rodzaj zanieczyszczeń. Częste są zabrudzenia łańcuchów pilarek, ze względu na to, iż wióra osiadają na smarującym ich oleju. Gdy zaniedbane zostaje czyszczenie łańcucha, wióra nagromadzone w nadmiarze zasychają powodując blokowanie sprężyny hamulca i w konsekwencji całkowite jego zablokowanie. Podatne na zanieczyszczenie wiórami są również filtry paliwowe i powietrzne piły, co ze względu na wzrosty temperatury obciąża silnik i stwarza zagrożenie jego awarii (G. Kudliński, 2017, str. 18).

Ze względu na fakt, iż w przedsiębiorstwach tartacznych używanych jest wiele narzędzi skrawających z dociskiem hydraulicznym, przestoje związane z awariami mogą wynikać z braku oleju lub niewystarczającego jego poziomu w układzie hydraulicznym lub powodu jego wyciekania. Przyczyną awarii mogą być także zaniedbania smarowania

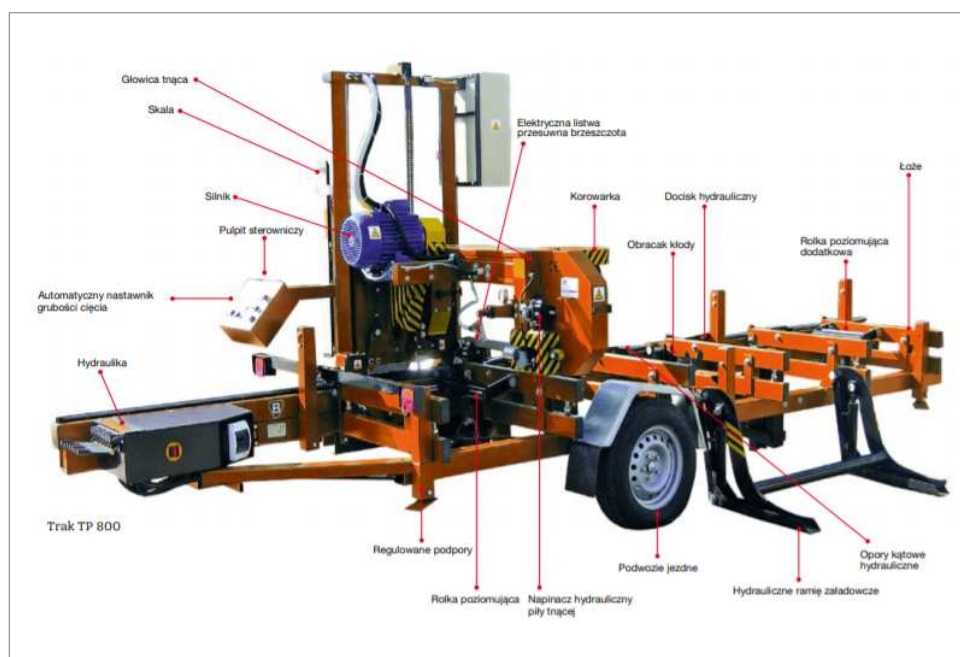


mechanizmów tnących, co z czasem skutkuje obniżeniem wydajności urządzenia, wzrastającym hałasem i wibracjami, a następnie blokadą urządzenia równoznaczną z awarią. Problematyka ta dotyczy także czynności związanych ze smarowaniem innych miejsc wskazanych dla obrabiarek tartacznych. Skutkiem nieprawidłowości w tym względzie jest zwiększone tarcie na powierzchniach współpracujących części maszyn i postępujący ich zużycie, przegrzanie lub uszkodzenia mechaniczne (Ł.Styczyński, 2007, strony 30-31).

Kolejne problemy z częściami tnącymi urządzeń tartacznych mogą wynikać z nieprawidłowego ich naostrzenia lub braku ostrzenia. Skutkiem nieprawidłowego ostrzenia jest zwykle zmniejszanie kąta natarcia zębów oraz uzyskiwanie złego profilu piły. Powielanie błędów prowadzi do całkowitej deformacji zębów piły, a następnie jej pęknięcia. Awarie części tnących mogą być również następstwem złego naprężenia pił, powodującego nieprawidłowe odchylenia brzeszczotów, a także złe ich mocowanie ustawienie, przejawiające się tym, że oś ich obrotu nie pokrywa się z osią obrotu wrzeciona (H. Nowak, 2000, str. 153).

Każda maszyna tartaczna złożona jest z wielu części, które można grupować w zespoły, w tym np. według kryterium spełnianej przez nie funkcji. Najczęściej występujące części i zespoły to: kadłub, zespół roboczy z narzędziem tnącym, zespół napędowy, zespół posuwowy, zespół prowadzący, zespół podpierający, zespół dociskowy, zespół zaciskowy, zespół podający, zespół odbierający, zespół sterujący, zespół nastawczy, a także osłony i urządzenia zwiększające bezpieczeństwo pracy i urządzenia smarujące (B. Szumilas).

Na prezentowanym poniżej rysunku 4 pokazano podstawowe elementy traka, jako



**Rysunek 3. Elementy maszyny tartacznej typu trak**

Źródło: Ekonomiczne przecieranie drewna, „Maszyny w Przemysle Drzewnym” 2016, nr 3, s. 28.

Każdy z poprzednio wymienionych zespołów czy pokazanych na rysunku elementów tak ważnej w tartaczniwie maszyny jak trak, czy też innej, nieodzownej w procesie produkcyjnym, może ulec awarii z różnych przyczyn i powodować różne konsekwencje. Dlatego też tematyka ta jest trudna do szczegółowego wyczerpania. Ponieważ większość maszyn do tartacznej obróbki drewna zbudowana jest z części typowych dla wszystkich maszyn, oprócz omawianych poprzednio części tnących można wskazać elementy poddawane eksploatacji w największym stopniu, a więc najbardziej narażone na uszkodzenia. Wśród części tych wymieniane są zwłaszcza prowadnice, łożyska, klocki żeliwne oraz ramy piłowe, większą awaryjnością cechują się również instalacje pneumatyczne oraz osłony maszyn (H. Nowak, 2000, str. 156).

Odnosząc się ściśle do maszyn tartacznych, w kontekście części najbardziej eksploatowanych wymieniane są zwłaszcza prowadnice, łożyska, suwaki lignofolowe oraz segmenty. Są to części wymagające częstej wymiany, co zapobiega wystąpieniu awarii (M. Laskowski, 2016, strony 34-35).

W odniesieniu do tematyki awaryjności wszelkich maszyn i urządzeń funkcjonujących w przedsiębiorstwach różnych branż, a w tym także tartacznej istotną kwestią jest podjęcie decyzji o rezygnacji z użytkowania konkretnego egzemplarza lub kilku jednocześnie. Przed podjęciem takiej decyzji powinny być rozważane aspekty operacyjne, ekonomiczne i techniczne. Istnieje szczególna zależność między aspektami technicznymi i ekonomicznymi, co ma związek z długością życia ekonomicznego maszyny. Przyjmuje się mianowicie, że koszty napraw maszyny można i powinno się statystycznie powiązać z ceną jej zakupu. Gdy liczone koszty napraw w sposób narastający zaczynają przewyższać cenę zakupu maszyny, należy ją wyeliminować z zasobów parku maszynowego (R. Chciuk, 2018, str. 66).

Efektywne funkcjonowanie przedsiębiorstwa oraz utrzymywanie pozycji konkurencyjnej ma istotny związek z ciągłym kontrolowaniem kosztów produkcji. Elementem takiej kontroli powinno być gromadzenie informacji dotyczących awaryjności maszyn oraz dokonywanie pomiaru i analizy awaryjności, czego dotyczy kolejny rozdział tej pracy.



### 3. Metody i wskaźniki pomiaru awaryjności maszyn

#### 3.1. Rodzaje informacji dotyczących awaryjności maszyn

Informacje dotyczące awaryjności maszyn to niezwykle ważny element całokształtu informacji gromadzonych w danej firmie o posiadanych przez nią maszynach. Jest to zarazem istotne ogniwo procesu zarządzania infrastrukturą techniczną. Rodzaj i ilość zebranych informacji determinuje efektywność funkcjonowania maszyn i urządzeń technologicznych (K. Antosz, 2015, str. 108).

Jedną z najważniejszych kategorii informacji, które powinny być rejestrowane w przedsiębiorstwach są informacje o przestojach. W tym zakresie odnotowywane są przestoje powodowane awariami (które zwykle stanowią najwyższy odsetek w całokształcie determinantów przestojów, ok. 93%). Natomiast pozostałe przyczyny to: przezbrojenia, planowane przeglądy, okresowy brak materiałów, brak oprzyrządowania, nieobecność operatora lub rzadziej brak dokumentacji technologicznej (K. Antosz, 2015, str. 109).

Kolejna grupa bardzo istotnych informacji bezpośrednio związana jest z maszynami, które to informacje mogą dotyczyć pojedynczych stanowisk roboczych, a także linii produkcyjnych lub całych wydziałów produkcyjnych. Są to informacje następujące (K. Antosz, 2015, strony 109-110):

- liczba awarii na poszczególnych maszynach;
- czas usuwania awarii;
- liczba awarii na poszczególnych liniach;
- czas bezawaryjnej pracy;
- liczba awarii na wszystkich maszynach;
- czas oczekiwania na części zamienne;
- czas oczekiwania na serwis.

Od ilości oraz rodzaju informacji zebranych o maszynach w dużej mierze zależy efektywność procesu zarządzania infrastrukturą techniczną. Zgromadzenie wiarygodnych informacji dotyczących awarii i generowanych przez nie przestojów daje podstawę do dokonywania pomiarów dotyczących kluczowych aspektów utrzymania ruchu maszyn, czego dotyczy kolejna część rozdziału.



### 3.2. Podstawowe wskaźniki oceny efektywności maszyn w aspekcie występowania awarii

W literaturze tematu definiowane są różne mierniki i wskaźniki umożliwiające ocenę funkcjonowania maszyn produkcyjnych. W tabeli 2 zaprezentowano niektóre z nich.

**Tabela 2. Wybrane kryteria i wskaźniki oceny funkcjonalności i awaryjności maszyn**

Kryterium	Charakterystyka	Przykłady wskaźników
Informacyjno – operacyjne	Związane z organizacją oraz przebiegiem procesów eksploatacji, wyrażające się w osiąganiu zamierzonych celów lub realizacji określonych potrzeb	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wskaźnik utechnicznienia</li> <li>• Wskaźnik średniego wieku maszyn</li> <li>• Wskaźnik intensywności obsługi naprawczej</li> <li>• Wskaźnik zaspokojenia potrzeb naprawczych</li> <li>• Wskaźnik zatrudnienia służb utrzymania ruchu</li> <li>• Wskaźnik terminowości wykonania napraw</li> <li>• Wskaźnik łatwości konserwacji (maintainability)</li> </ul>
Ekonomiczne	Związane z wielkością (wartością) efektów dodatnich (korzyści) i ujemnych (nakładów) oraz korzystność działalności inwestycyjno-finansowej w systemie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wskaźnik rentowności</li> <li>• Koszty stałe i zmienne utrzymania maszyn</li> <li>• Wskaźnik kosztów remontów kapitałnych, średnich i bieżącego utrzymania maszyn</li> <li>• Koszt utrzymywania części zamiennych</li> </ul>
Techniczno eksploatacyjne	Związane ze zdatnością elementów systemu, a zwłaszcza środków technicznych i wyrażające wpływ techniki na ich działanie; związane są z funkcjonowaniem elementów i środków działania systemu oraz wyrażają wpływ na zdolność systemu do funkcjonowania w stanie zdatnym w określonym czasie.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wskaźnik wydajności</li> <li>• Wskaźnik czasu postoju maszyn</li> <li>• Wskaźnik uszkodzeń i awarii maszyn</li> <li>• Wskaźnik gotowości technicznej</li> <li>• Wskaźnik wykorzystania maszyny</li> <li>• Wskaźnik zmianowości</li> </ul>
Dotyczące bezpieczeństwa	Związane z ryzykiem powstawania strat (ludzkich, ekologicznych, materialnych), na ogół wiążą stany niezdatności elementów systemu z możliwością wystąpienia w ich wyniku strat oraz wielkością ewentualnych strat.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liczba wypadków przy obsłudze i użytkowaniu maszyn</li> <li>• Liczba powstałych zagrożeń przy obsłudze i użytkowaniu maszyn</li> </ul>

Zródło: K. Antosz, D. Stadnicka, Mierniki oceny efektywności funkcjonowania maszyn w dużych przedsiębiorstwach: wyniki badań, „Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability” 2015, nr 17



Jednym z najbardziej popularnych wskaźników, znajdujących zastosowanie do pomiaru wykorzystania produkcyjnego maszyn jest wskaźnik OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) - Całkowita Wydajność Wyposażenia. W ramach tego wskaźnika wyróżnia się trzy parametry, a mianowicie (K. Janisz, 2019, str. 516):

- dostępność – wartość procentowa, w której obiekt jest dostępny do realizowania powierzonych mu zadań, inaczej ujmując, jest to czas, w jakim maszyna jest do dyspozycji, pomniejszony o czas przestoju;
- wykorzystanie – zdolność utrzymania przez maszyny standardowego tempa pracy;
- jakość – definiowana jest jako stosunek liczby dobrych sztuk, do wszystkich sztuk wyprodukowanych.

Wymieniony wskaźnik OEE jest iloczynem wymienionych powyżej parametrów. Podkreślić także należy, że jego obliczanie jest procesem wymagającym systematycznego i bieżącego gromadzenia oraz opracowania danych, w związku z czym efektywność pomiaru wymaga raczej posiadania automatycznego systemu do tego celu. A także ujednoczenia procedur oraz rodzaju zbierania informacji na wszystkich wydziałach przedsiębiorstwa (K. Antosz, 2015, str. 110).

Kolejne istotne wskaźniki – MTBF oraz MTTR zaliczają się do grupy techniczno – eksploatacyjnych i są to wskaźniki ściśle związane z zagadnieniem awaryjności.

Wskaźnik MTBF (*ang. Mean Time Between Failure*) – średni czas między awariami lub częstość występowania awarii maszyny, w określonym czasie. Jest to wskaźnik mający istotny wpływ na niezawodność, pojmowaną jako zdolność maszyny lub jej elementu do wykonywania żądanych funkcji w określonych warunkach i przez określony czas oraz dostępność maszyny, interpretowaną jako stopień działania i gotowość maszyny, gdy jej użycie jest wymagane. Wskaźnik obliczany jest według następującego wzoru (K. Antosz, 2015, str. 111):

$$MTBF = \frac{\text{czas pracy}}{\text{liczba awarii w tym czasie}}$$

Czas pracy należy rozumieć jako czas dostępności brutto, a więc czas, w którym planuje się produkcję na danej maszynie, bez uwzględnienia wszelkich przeglądów. Wskaźnik wyznaczany jest dla określonego czasu bazowego, przy czym zaleca się, aby był to okres nie



krótszy niż 1 miesiąc. Zaleca się ponadto wykorzystanie licznika motogodzin maszyny oraz regularnego i rzetelnego spisywania danych z tego urządzenia.

Należy nadmienić, że obliczenie wskaźnika MTBF jest bardzo przydatne w aspekcie dokonywania prewencyjnej wymiany określonych części maszyn. Zakłada się, że wymiana taka powinna się odbywać co 85% MTBF, co nawiązuje do wartości tego wskaźnika przyjętego w skali światowej. Tak więc gdy czas pomiędzy awariami wynosi przykładowo 1000 minut, to wymiana prewencyjna powinna być dokonywana co 850 minut (B. Misiurek, 2017, str. 26).

Wskaźnik MTTR (*ang. Mean Time To Repair*) – średni czas do zakończenia naprawy, należy go interpretować jako średni czas trwania rzeczywistej naprawy, od momentu jej zgłoszenia do chwili jej zakończenia. Obliczany jest według następującego wzoru (K. Antosz, 2015, str. 111):

$$MTTR = \frac{\text{czas wykonywanych napraw}}{\text{liczba awarii}}$$

Wskaźnik ten może być wykorzystywany do oceny efektywności pracowników oraz oceny dokonywanych przez nich działań naprawczych. Każde przedsiębiorstwo może zarazem analizować ten wskaźnik według stawianych sobie celów, jednak zawsze powinno dążyć do zredukowania wartości wskaźnika, a więc skrócenia czasu niezdatności maszyny.

Reasumując, wyniki uzyskane za pośrednictwem pomiaru awaryjności przy wykorzystaniu przedstawionych wskaźników mogą stanowić istotne wsparcie nadzoru nad właściwym funkcjonowaniem maszyn. Jakkolwiek badania wskazują, że precyzyjnych pomiarów dokonują najczęściej przedsiębiorstwa duże, posiadające przeznaczone do tego służby, wypracowane procedury oraz automatyczne systemy gromadzenia i przetwarzania danych, nadzór nad efektywnością funkcjonowania maszyn polecany jest też dla małych i średnich przedsiębiorstw. Głównym argumentem jest fakt posiadania przez te firmy zwykle niewystarczających środków finansowych, które mogą być przeznaczone na doskonalenie funkcjonowania infrastruktury technicznej, dlatego też jej regularny nadzór i pomiary awaryjności stanowią szansę na eliminację przynajmniej niektórych potencjalnych awarii oraz poprawę organizacji pracy w tym zakresie (K. Antosz, 2015, str. 114).



## 4. Analiza awaryjności maszyn w przedsiębiorstwie X

### 4.1. Cel badań, problematyka badawcza oraz metody, techniki i narzędzia badawcze

Celem badań niniejszej pracy jest analiza zagadnienia awaryjności maszyn w wybranym przedsiębiorstwie z branży tartacznej. Cel badań zmierza zarazem do uzupełnienia braku wiedzy badacza, a odzwierciedleniem jego stanu niewiedzy są problemy badawcze sformułowane w postaci pytań (J. Apanowicz, 2002, str. 44).

W pracy niniejszej problematyka badawcza sformułowana została następująco:

Jaka jest awaryjność maszyn w przedsiębiorstwie X ?

Główny problem badawczy doprecyzowano poprzez sformułowanie następujących problemów szczegółowych:

1. Jakie są przyczyny awaryjności maszyn w przedsiębiorstwie X ?
2. Jaka jest częstotliwość awaryjności maszyn w przedsiębiorstwie X ?
3. Jakie są opinie pracowników przedsiębiorstwa X na temat awaryjności maszyn?

Odpowiedzi na postawione problemy badawcze gromadzono poprzez:

- analizę rejestru awarii w przedsiębiorstwie X za okres styczeń – kwiecień 2021,
- pomiar awaryjności poprzez wykorzystanie mierników efektywności funkcjonowania maszyn: MTTR i MTBF.

Opinie pracowników przedsiębiorstwa X na temat awaryjności parku maszynowego badano przy zastosowaniu metody sondażu diagnostycznego definiowanego jako metoda „gromadzenia faktów i informacji (danych) o zjawiskach strukturalnych i funkcjonalnych oraz dynamice ich rozwoju” (J. Apanowicz, 2002, str. 70). W ramach wymienionej metody wykorzystano technikę ankiety polegającą na tym, iż za pośrednictwem kwestionariusza z pytaniami respondenci udzielają pisemnych odpowiedzi służących do rozwiązania problemu badawczego (J. Apanowicz, 2002, str. 86). Narzędziem badawczym jest autorski kwestionariusz ankiety skierowany do pracowników przedsiębiorstwa X (M. Majoch, 2021). Kwestionariusz zawiera 11 pytań. Badanie za jego pośrednictwem zostało przeprowadzone w marcu 2021 roku. Wzięło w nim udział 39 osób, w tym pięć kobiet i 34 mężczyzn. Większość – 34 badanych stanowili pracownicy produkcji, pięciu badanych to pracownicy biurowi. Badanie przeprowadzono w marcu 2021 roku. Kolejna technika badawcza zastosowana w ramach sondażu diagnostycznego to wywiad, polegający na pozyskiwaniu danych przy pomocy bezpośredniej rozmowy. Wywiad przeprowadzono przy wykorzystaniu autorskiego

kwestionariusza zawierającego siedem pytań. Uczestniczył w nim pracownik zatrudniony w wydziale obsługi technicznej. Był to mężczyzna w wieku 49 lat, zatrudniony w przedsiębiorstwie X od 17 lat, w tym w wydziale obsługi technicznej od 8 lat. Mężczyzna posiada wykształcenie technik mechanik.

#### 4.2. Charakterystyka przedsiębiorstwa X oraz jego parku maszynowego

Przedsiębiorstwo X zlokalizowane jest na terenie powiatu nowosądeckiego. Funkcjonuje od 50 lat, przy czym w tym okresie zmianom ulegały jego formy prawne, profile produkcji, a przede wszystkim firma się rozrastała i ewoluowała pod względem posiadanej infrastruktury technicznej. Obecnie jest to zakład specjalizujący się w przerobie drewna, realizujący trzy zasadnicze procesy, a mianowicie: produkcję tarcicy (tartak), suszenie oraz produkcję tarcicy okiennej. Zakład zatrudnia 60 osób, pracujących na dwie zmiany.

W odniesieniu do tematyki likwidacji awarii nadmienić należy, że w przedsiębiorstwie X wyodrębniono wydział obsługi technicznej, zatrudniający czterech pracowników (po dwóch na każdej zmianie). Posiadają oni średnie wykształcenie techniczne w zakresie technik mechanik (2 osoby) i technik elektryk (2 osoby).

Przedmiotem analiz podjętych w niniejszej pracy jest awaryjność maszyn stanowiących wyposażenie tartaku, w związku z czym prezentacja parku maszynowego ograniczona została do kluczowych maszyn funkcjonujących w tej dziedzinie działalności.

Wyposażenie tartaku jest następujące (M. Majoch, 2021):

- trak pionowy – 2 sztuki (trak 1 i trak 2), urządzenie do przerobu drewna okrągłego iglastego oraz liściastego na pryzmę i tarcicę model FTAA 60, rok produkcji 1993;
- FAMAD – 2 sztuki - linia do łączenia na mikrowczepy, łączy elementy przesegregowane krótkie o długości 210-800 mm w długie listwy o długości 6000mm, proces produkcyjny polega na tym, iż pracownik układa na podajnik krótkie elementy po czym następuje zabranie ich do czopiarki nr1 gdzie następuje frezowanie z jednego końca następnie materiał trafia do czopiarkę nr 2, gdzie następuje proces frezowania drugiej strony elementów i naniesienie kleju w miejscu frezowania. Następnie materiał trafia do prasy gdzie jest poddawany ściśnięciu materiału (zaciśnięcie szczelin po frezowaniu);
- WEINIG OPTCUT 450 – urządzenie do manipulacji lamel z długości., odbywa się na nim eliminacja wad drewna polegająca na zaznaczeniu kredą fluorescencyjną przez



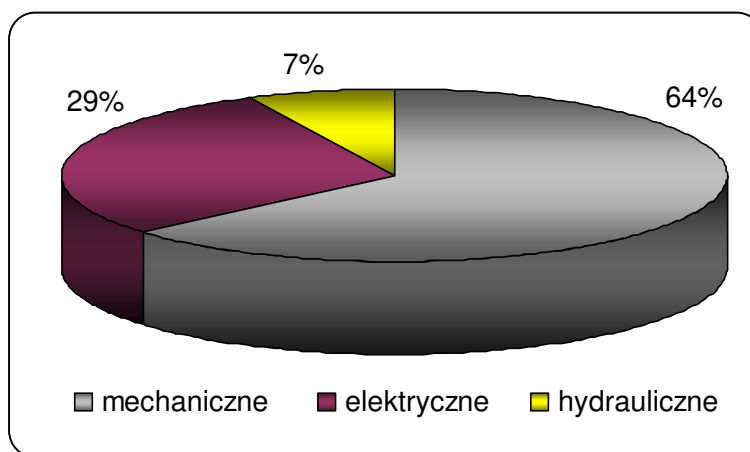
pracownika miejsca wystąpienia wady, materiał wprowadzany jest do urządzenia automatycznie gdzie następuje przecięcie drewna w miejscu zaznaczenia kredą, materiał po manipulacji jest rozsortowany na poszczególnych zbijkach zgodnie z przeznaczeniem, odpady które nie nadają się do dalszej produkcji są transportowane do pojemnika odpadów, rok produkcji 1997;

- strugarka czterostronna – urządzenie do obróbki drewna z czterech stron materiału, wyposażone jest w cztery głowice strugające dolną, górną i dwie boczne - prawą i lewą stronę, czynnościom tym poddawany jest materiał szorstki, w tym celu, aby uzyskać żądany wymiar a następnie został poddany operacji klejenia, rok produkcji 1996;
- wielopiąła 1 - TOS SVITAVY PKSN 32 – urządzenie służy wzdłużnego rozkroju tarcicy, rok produkcji 1998;
- wielopiąła 2 – Raimman, rok produkcji 1999 – urządzenie do rozkroju wzdłużnego przyzmy, rok produkcji 2001;
- minitrak NEVA – urządzenie do rozcinania precyzyjnego na cienkie lamelki, rok produkcji 2016;
- pelearka (PLT) – urządzenie do produkcji pelletu, trociny które są materiałem odpadowym powstającym przy obróbce strugania trafiają do urządzenia gdzie są poddawane procesowi zgniatania pod dużym ciśnieniem przepuszczane przez matrycę. W wyniku prasowania powstaje pellet, rok produkcji 1999.

### 4.3. Analiza przyczyn i częstotliwości awarii maszyn w przedsiębiorstwie X

Analizie poddano rejestr awarii maszyn, które wystąpiły w przedsiębiorstwie X w okresie od stycznia 2021 do końca kwietnia 2021 (M. Majoch, 2021). Było to łącznie 96 różnego typu awarii, występujących w opisywanych poprzednio kluczowych maszynach zakładu tartaczego.

Na podstawie wstępnej analizy określono główne kategorie przyczyn tych awarii, co odzwierciedla wykres 1.



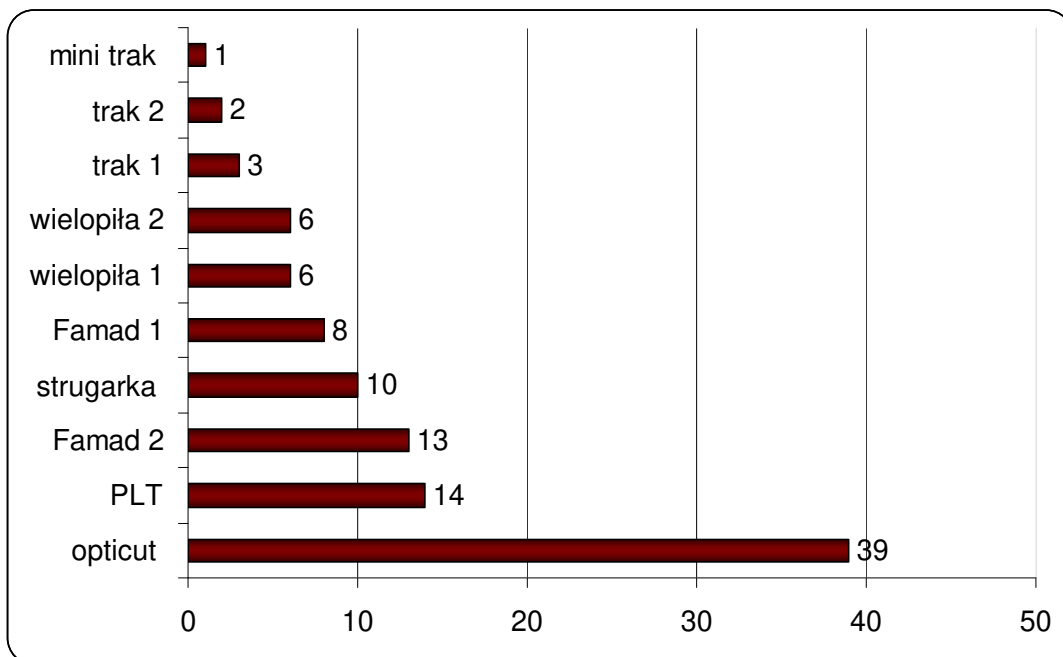
**Wykres 1. Rodzaje awarii maszyn w przedsiębiorstwie X**

Źródło: badania własne

Jak wskazują dane prezentowane na wykresie, najczęściej występujący typ awarii maszyn w przedsiębiorstwie X to awarie mechaniczne, stanowiące 64% wszystkich awarii występujących w analizowanym okresie. Kolejna grupa to awarie elektryczne, stanowiące 29% ogółu awarii, natomiast najmniejszy odsetek – 7% to awarie hydrauliczne.

W uzupełnieniu przedstawionych danych i na podstawie analizowanego rejestru można dodać, że najczęściej występujące awarie, a więc awarie mechaniczne przejawiały się w największym stopniu uszkodzeniami osłon maszyn, ram lub obudowy, uszkodzeniami łożysk, listew prowadzących, pasków napędu oraz taśm transportowych. W kategorii awarii elektrycznych były to uszkodzenia czujników, zasilaczy oraz styczników, natomiast awarie hydrauliczne to głównie uszkodzenia spowodowane brakiem lub niedostateczną ilością oleju w urządzeniu, a zatem awarie wynikające z błędów i zaniedbań konserwacji.

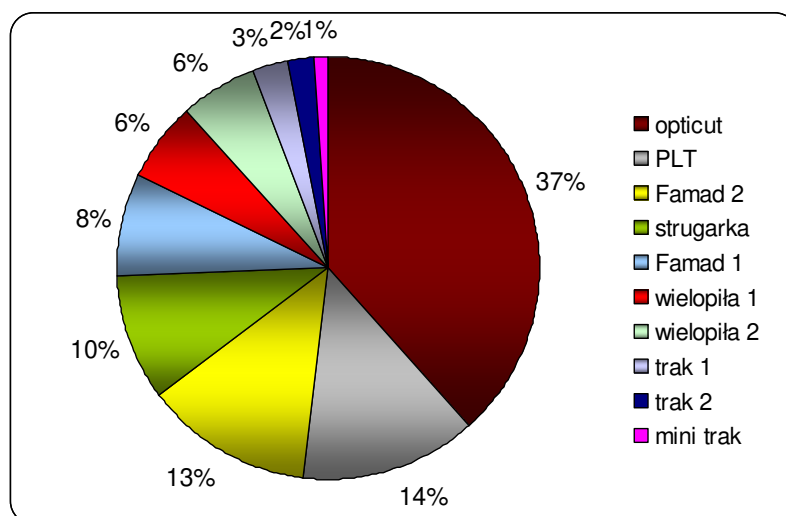
Na kolejnym etapie badania dokonano obliczeń ilości awarii występujących w poszczególnych maszynach.



**Wykres 2. Ilość awarii poszczególnych rodzajów maszyn w badanym okresie**  
 Źródło: badania własne

Jak wskazują dane przedstawiane na wykresie 2 najczęściej awarii – 39 dotyczyło urządzenia Opticut. Druga w kolejności awaryjna maszyna to pelecziarka, która w analizowanym okresie uległa 14 awariom, a następnie urządzenie Famad 2 – 13 awarii. Strugarki dotyczyło 10 awarii. Najmniej awaryjne maszyny to mini trak – 1 awaria oraz trak i trak 2.

Dane zawarte na omawianym wykresie wskazują, że w awaryjności poszczególnych maszyn widoczne są znaczce dysproporcje. Dla pełniejszego odzwierciedlenia tego stanu, dane pokazano w ujęciu procentowym na wykresie 3.

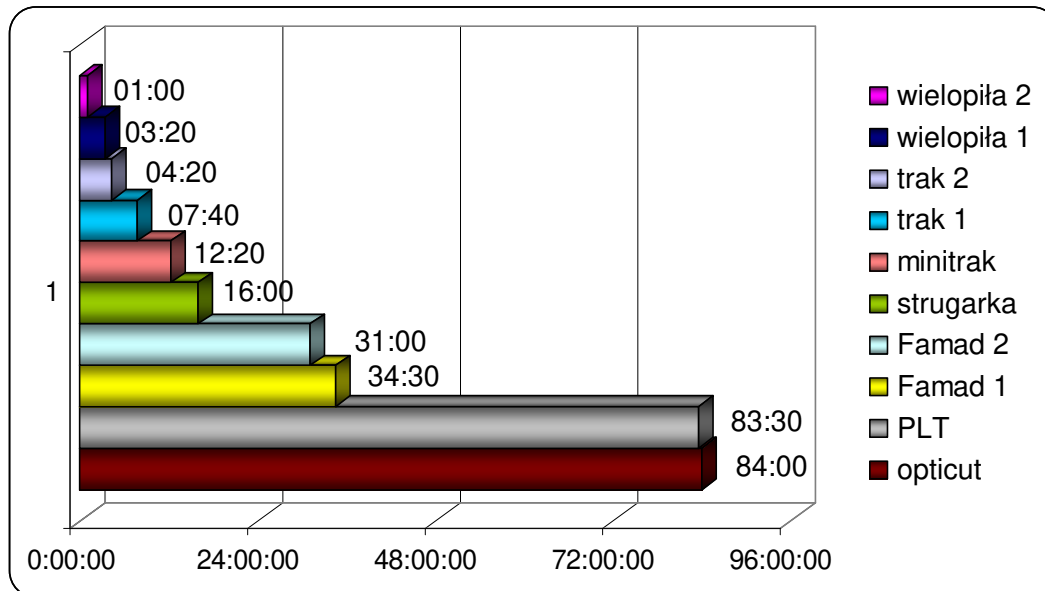


**Wykres 3. Awaryjność poszczególnych maszyn w ujęciu procentowym**  
 Źródło: badania własne



Jak wskazują dane na wykresie, 37% awarii, a więc ponad 1/3 dotyczy urządzenia Opticut. 14% awarii to uszkodzenia pelecarki, 13% maszyny Famad 2.

W ramach analizy rejestru awarii dokonano pomiaru czasu trwania awarii, a więc od momentu wystąpienia, do dokonania naprawy poszczególnych maszyn.



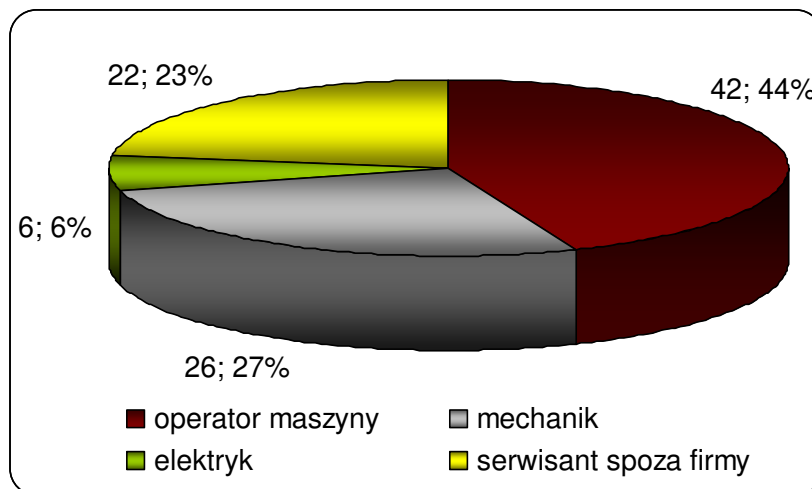
**Wykres 4. Czas trwania awarii poszczególnych maszyn**

Źródło: badania własne

Dane przedstawione na wykresie 4 wskazują, że najwyższy łączny czas trwania awarii dotyczy maszyny Opticut, który wynosi 84 godziny. Niewiele mniej, bo 83 godziny i 30 minut wyniósł łączny czas trwania awarii pelecarki. Ponad 30 godzin to czas trwania awarii maszyn Famad 1 i Famad 2. Łączny czas braku funkcjonowania strugarki to 16 godzin, a mini traka ponad 12 godzin. Najkrócej trwające awarie dotyczyły natomiast wielopiły 2, ponieważ ich łączny czas nie przekroczył 1 godziny.

Analiza danych rejestru awarii pozwala także na stwierdzenie, że najdłuższy łączny czas trwania awarii dotyczący maszyny Opticut, wynika zarówno z największej ilości tych awarii, jak i czas trwania niektórych z nich, ponieważ odnotowano m.in. dwa przestoje tej maszyny trwające po 16 godzin oraz dwa przestoje po 8 godzin. Należy zwrócić tu uwagę, że oprócz wymienionych długotrwałych awarii, pozostałe naprawiano w stosunkowo krótkim czasie, wynoszącym od 20 minut do 1 godziny. Długie przestoje dotyczyły również pelecarki. Odnotowano m.in. przestój trwający 14 godzin, dwa przestoje po 16 godzin oraz kilka przestojów trwających od 9 do 6 godzin. Jest to maszyna, której czas przywracania do funkcjonalności był przy każdej awarii zdecydowanie najdłuższy. Wynikało to z braku części zamiennych lub konieczności oczekiwania na mechanika z zewnątrz przedsiębiorstwa.

Na podstawie rejestru awarii oraz dokumentów wewnętrznych udostępnionych przez badaną firmę można przedstawić informację kto dokonywał napraw w analizowanym okresie. Pokazano to na kolejnym wykresie.



**Wykres 5. Wykonawcy napraw awarii**

Źródło: badania własne

Dane na wykresie wskazują, że blisko połowa napraw (44%) wykonywana była przez samych operatorów maszyn. Z Rejestru awarii wynika, że dotyczyło to zwykle wymiany drobnych elementów lub uzupełnienia łożysk. 27% napraw dokonywał mechanik zatrudniony w przedsiębiorstwie, 6% zatrudniony tam elektryk, natomiast w przypadku 22% awarii istniała konieczność wezwania serwisanta zewnętrznego.

Posiadając dane na temat ilości awarii na poszczególnych maszynach oraz czasu ich trwania dokonano obliczeń wskaźników MTTR oraz MTBF dla maszyn stanowiących przedmiot analizy.

Wskaźnik MTTR dla maszyny Opticut

$$MTTR = \frac{84:00}{39} = 2:15$$

Wskaźnik MTTR dla maszyny PLT

$$MTTR = \frac{83:30}{14} = 6:35$$

Wskaźnik MTTR dla maszyny Famad 2

$$MTTR = \frac{31:00}{13} = 2:30$$



Wskaźnik MTTR dla maszyny Famad 1

$$\text{MTTR} = \frac{34:30}{8} = 4,30$$

Wskaźnik MTTR dla maszyny strugarka

$$\text{MTTR} = \frac{16:40}{10} = 1:10$$

Wskaźnik MTTR dla maszyny wielopięta 1

$$\text{MTTR} = \frac{3:20}{6} = 0:50$$

Wskaźnik MTTR dla maszyny wielopięta 2

$$\text{MTTR} = \frac{1:00}{6} = 0:07$$

Wskaźnik MTTR dla maszyny trak 1

$$\text{MTTR} = \frac{7:40}{3} = 2:40$$

Wskaźnik MTTR dla maszyny trak 2

$$\text{MTTR} = \frac{4:20}{2} = 2:10$$

Wskaźnik MTTR dla maszyny mini trak

$$\text{MTTR} = \frac{12:20}{1} = 12:20$$

Aby uzyskać wartość wskaźnika MTBF należy określić czas pracy maszyn. Przyjmując, że zakład pracuje na dwie zmiany 5 dni w tygodniu, a w soboty na jedną zmianę, dla analizowanego okresu 4 miesięcy jest to łączny czas pracy maszyn wynoszący 1632 godziny (bez uwzględnienia przestojów planowanych).





Wskaźnik MTBF dla maszyny Opticut

$$\text{MTBF} = \frac{1632}{39} = 42:08$$

Wskaźnik MTBF dla maszyny PLT

$$\text{MTBF} = \frac{1632}{14} = 117:00$$

Wskaźnik MTBF dla maszyny Famad 2

$$\text{MTBF} = \frac{1632}{13} = 125:00$$

Wskaźnik MTBF dla maszyny Famad 1

$$\text{MTBF} = \frac{1632}{8} = 204:00$$

Wskaźnik MTBF dla maszyny strugarka

$$\text{MTBF} = \frac{1632}{10} = 163:02$$

Wskaźnik MTBF dla maszyny wielopięta 1

$$\text{MTBF} = \frac{1632}{6} = 272:00$$

Wskaźnik MTBF dla maszyny wielopięta 2

$$\text{MTBF} = \frac{1632}{6} = 272:00$$

Wskaźnik MTBF dla maszyny trak 1

$$\text{MTBF} = \frac{1632}{3} = 544:00$$



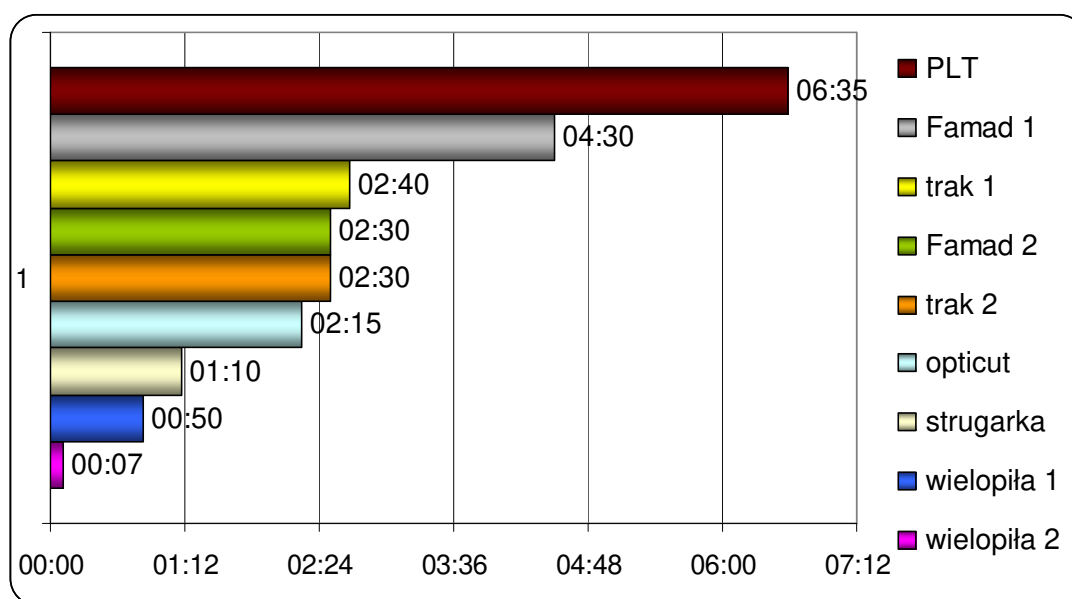
Wskaźnik MTBF dla maszyny trak 2

$$\text{MTBF} = \frac{1632}{2} = 816:00$$

Wskaźnik MTBF dla maszyny mini trak

$$\text{MTBF} = \frac{1632}{1} = 1632:00$$

Na wykresie 6 zestawiono wskaźniki MTTR dla poszczególnych maszyn.



**Wykres 6. Zestawienie wskaźników MTTR dla analizowanych maszyn**

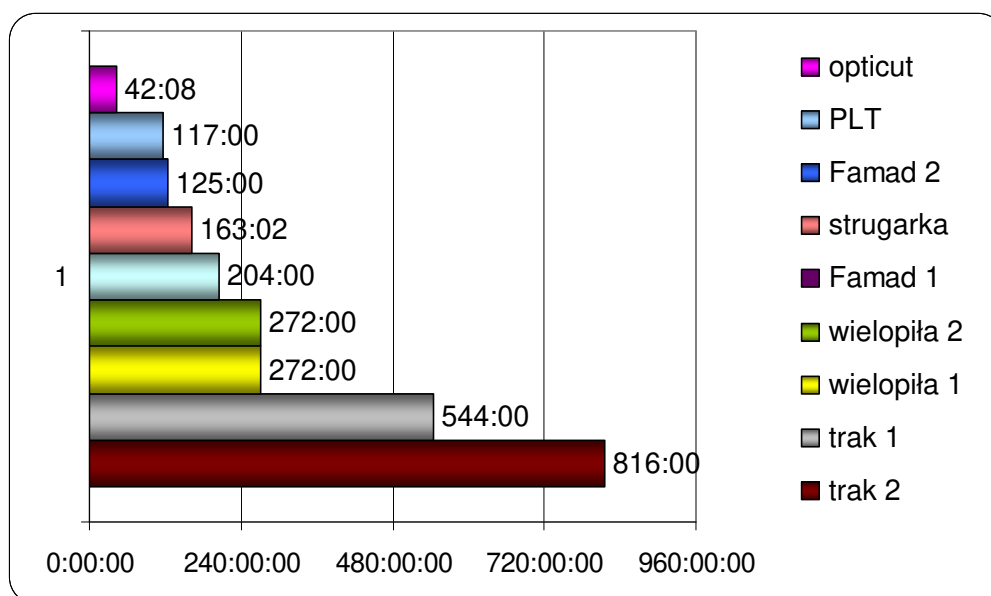
Źródło: badania własne

\* w zestawieniu nie uwzględniono wskaźnika MTTR dla maszyny mini trak, ponieważ ze względu na wystąpienie 1 awarii w analizowanym okresie wynik ten jest niemiernodajny

Zanim dokonana zostanie interpretacja danych zawartych w tabeli należy nadmienić, że im wartość wskaźnika MTTR jest niższa, tym wyższa efektywność utrzymania ruchu maszyn w zakładzie produkcyjnym. Dane zawarte w tabeli wskazują, że najniższy wskaźnik MTTR dotyczy urządzenia wielopiąła 2, ponieważ działania naprawcze w przypadku jej awarii odbywają się średnio w czasie 7 minut. Kolejne maszyny o relatywnie niskim wskaźniku to wielopiąła 1 (50 minut) oraz strugarka (1 godzina, 10 minut). Wskaźniki bardzo wysokie, a zatem bardzo niekorzystne dotyczą pelecarki (6 godzin, 35 minut) oraz maszyny Famad 1 (4

godziny, 30 minut). Zbliżone i średnie wskaźniki na poziomie ok. 2 godzin uzyskały pozostałe analizowane maszyny.

Na kolejnym wykresie zaprezentowano zestawienie wskaźników MTBF dla analizowanych maszyn. W tym przypadku pożądana jest jak najwyższa wartość wskaźnika, świadcząca zarazem o wyższej niezawodności i dostępności maszyny.



**Wykres 7. Zestawienie wskaźników MTBF dla analizowanych maszyn**

Źródło: badania własne

\* w zestawieniu nie uwzględniono wskaźnika MTTR dla maszyny mini trak, ponieważ ze względu na wystąpienie 1 awarii w analizowanym okresie wynik ten jest niemiernodajny

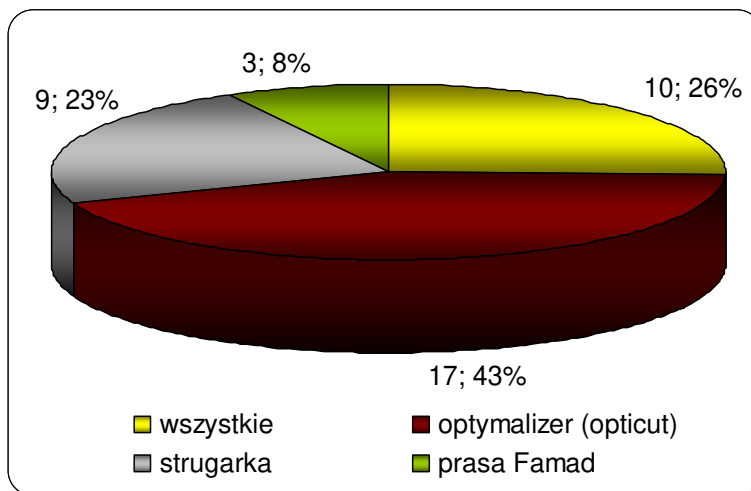
Jak wskazują dane prezentowane na wykresie najwyższy wskaźnik MTBF dotyczy maszyny trak 2, wskazuje on, że średni czas bezawaryjnej pracy tej maszyny wynosi 816 godzin. Kolejny, wysoki relatywnie wskaźnik wynoszący 544:00 uzyskał trak 1. Wskaźnik wynoszący 272:00 uzyskały obie wielopiły, a nieco niższy – 204:00 maszyna Famad 1. Najniższy wskaźnik MTBF, wynoszący 42:08 uzyskała maszyna Opticut. Informuje on, że wymieniona maszyna ulega awariom średnio co 42 godziny.

Przedsiębiorstwo X nie posiada danych na temat ilości sztuk wadliwych występujących w całokształcie produkcji. W związku z tym nie jest możliwe obliczenie wskaźnika OEE informującego o całkowitej wydajności wyposażenia.

#### 4.4. Awaryjność maszyn w przedsiębiorstwie X w opinii jego pracowników

Odpowiadając na pierwsze pytanie ankiety, czy w przedsiębiorstwie zdarzają się awarie maszyn powodujące unieruchomienie maszyn i związane z tym przestoje produkcji, wszyscy respondenci udzielili odpowiedzi „tak”.

W dalszej kolejności respondentów poproszono o sprecyzowanie, jakiego typu maszyn dotyczą najczęstsze awarie. Udzielone odpowiedzi odzwierciedlono na wykresie 8.

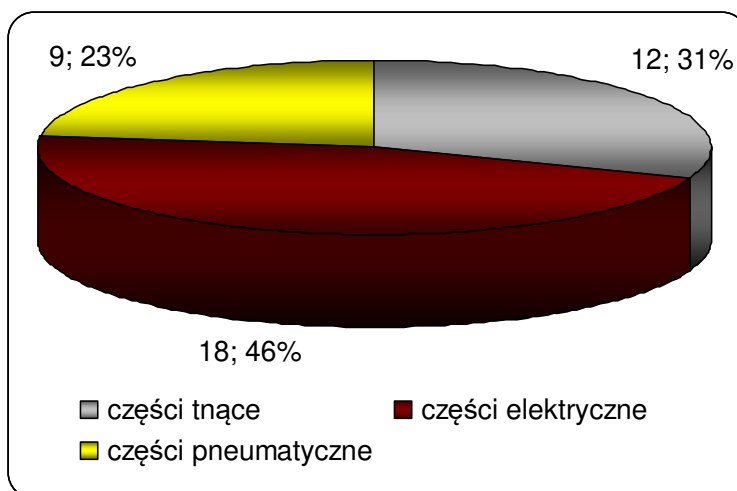


Wykres 8. Najbardziej awaryjne maszyny według pracowników przedsiębiorstwa X

Źródło: badania własne

Zdaniem 43% ankietowanych najczęstsze awarie dotyczą maszyny Opticut. 23% respondentów uważa, że jest to strugarka, 8% wskazuje ogólnie na maszyny Famad, natomiast 26% badanych stwierdza, iż częste awarie dotyczą wszystkich maszyn.

Zapytano również o części maszyn najbardziej podatne na awarie (wykres 9)..

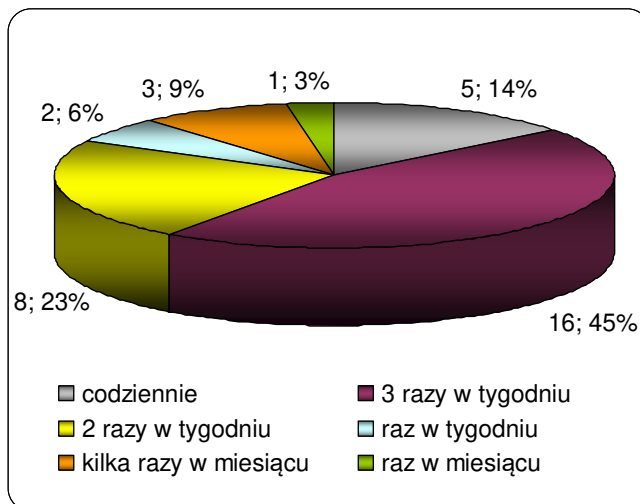


Wykres 9. Najbardziej awaryjne części maszyn według pracowników przedsiębiorstwa X

Źródło: badania własne

Blisko połowa respondentów (46%) sądzi, że elementy elektryczne to części maszyn najczęściej ulegające awariom. 31% badanych wskazało w tym względzie na części tnące, a 23% na elementy pneumatyki maszyn.

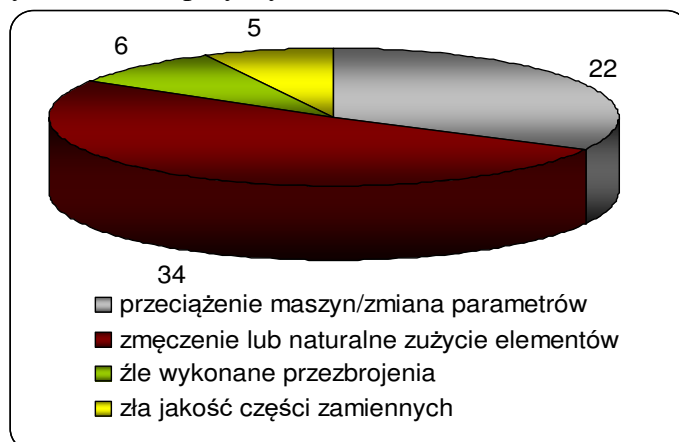
Odpowiedzi badanych na temat częstotliwości występowania awarii skutkujących unieruchomieniem maszyn w przedsiębiorstwie przynajmniej na 1 godzinę pokazano na wykresie 10.



**Wykres 10. Częstotliwość awarii maszyn w opinii pracowników przedsiębiorstwa X**  
 Źródło: badania własne

Najwyższy odsetek badanych (45%) uważa, że awarie maszyn w przedsiębiorstwie X zdarzają się przynajmniej 3 razy w tygodniu. 23% respondentów twierdzi, że 2 razy w tygodniu, a 14% sądzi, iż awarie mają miejsce codziennie. W mniejszości są respondenci wskazujący na niższą częstotliwość awarii.

Opinie badanych na temat przyczyn awarii odzwierciedlono na wykresie 11.

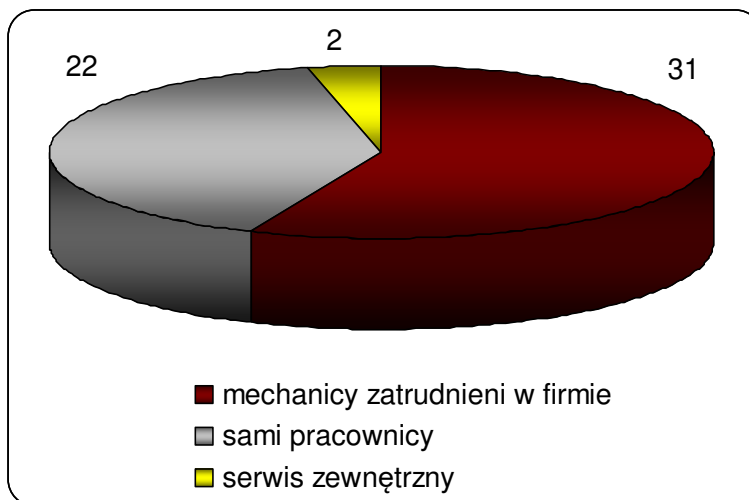


**Wykres 11. Najczęstsze przyczyny awarii maszyn według pracowników przedsiębiorstwa X**  
 Źródło: badania własne

\* nie podano danych % ponieważ badani wskazywali więcej niż jedną odpowiedź

Zdecydowanie najwięcej udzielonych odpowiedzi – 34 wskazuje, że główną przyczyną awarii maszyn występujących w przedsiębiorstwie X jest zmęczenie lub naturalne zużycie elementów maszyn. Ponadto 22 respondentów stwierdza, że awaryjność wynika z przeciążenia maszyn i zmiany ich parametrów.

Kolejne pytanie dotyczyło osób likwidujących awarie (wykres 12).



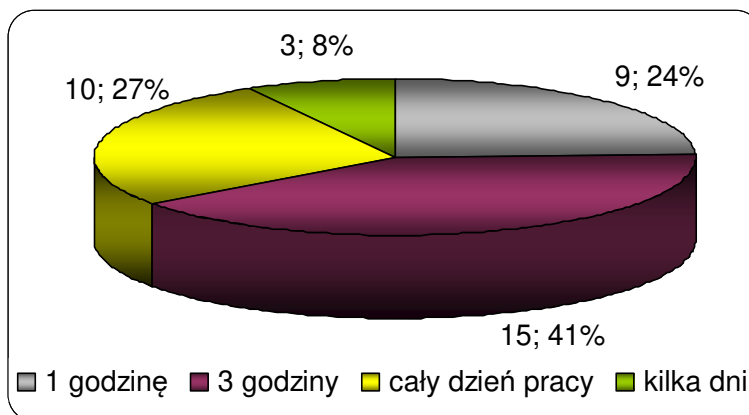
**Wykres 12. Osoby likwidujące awarie według pracowników przedsiębiorstwa X**

Źródło: badania własne

\* nie podano danych % ponieważ badani wskazywali więcej niż jedną odpowiedź

Większość ankietowanych pracowników – 33 osoby uważa, że likwidującymi skutki awarii są mechanicy zatrudnieni w przedsiębiorstwie. Równocześnie 22 badanych wskazuje, że są to sami pracownicy obsługujący maszyny. Dwóch respondentów wymienia serwis zewnętrzny.

Badanych pracowników zapytano o najczęstszą długość przestojów, generowanych awariami maszyn. Dane na ten temat zawiera wykres 13.

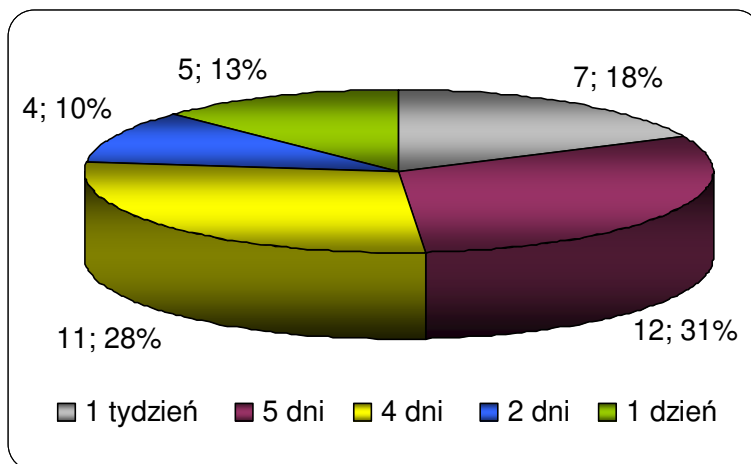


**Wykres 13. Czas trwania przestojów wynikających z awarii według pracowników przedsiębiorstwa X**

Źródło: badania własne

41% ankietowanych pracowników przedsiębiorstwa uważa, że awarie trwają najczęściej ok. 3 godzin. 27% badanych stwierdza, że trwają one najczęściej przez cały dzień pracy, 9% wskazuje w tym względzie 1 godzinę, a według 8% badanych awarie trwają nawet kilka dni.

Kontynuując tematykę czasu trwania awarii, badanych zapytano, ile czasu trwał najdłuższy, zapamiętany przez nich przestój maszyny spowodowany awarią (wykres 14).

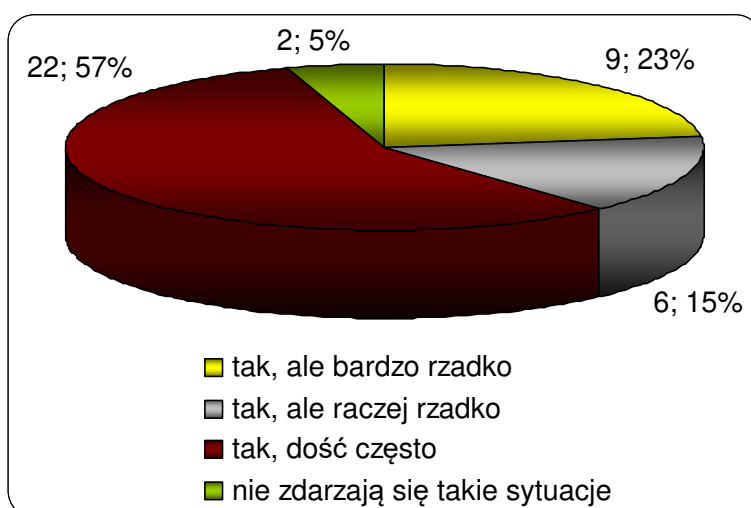


**Wykres 14. Najdłuższy czas trwania awarii według pracowników przedsiębiorstwa X**

Źródło: badania własne

Według 31% badanych najdłuższa zapamiętany przez nich przestój maszyny spowodowany awarią trwał 5 dni. Zdaniem 28% ankietowanych przestój trwał 4 dni. Na 1 tydzień wskazuje 18% badanych, a na 1 dzień 13%.

W dalszej części badania ankietowanych zapytano, czy w przedsiębiorstwie X zdarzają się sytuacje, że użytkowane są maszyny mimo ich niepełnej sprawności (wykres 15).

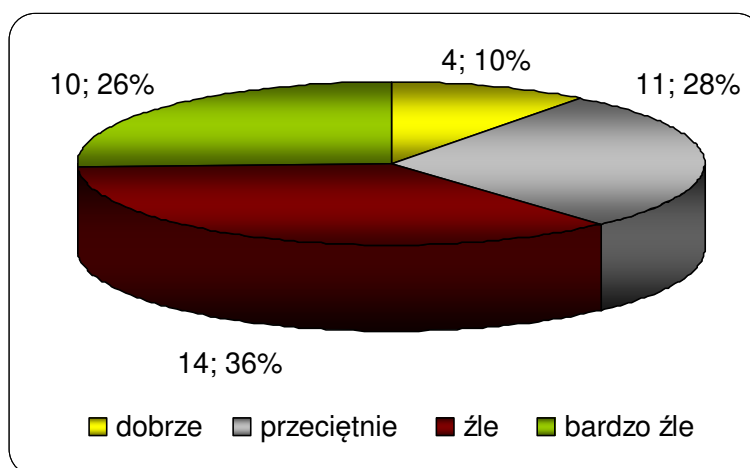


**Wykres 15. Użytkowanie maszyn nie w pełni sprawnych według pracowników przedsiębiorstwa**

Źródło: badania własne

Ponad połowa respondentów ( 57%) stwierdza, iż w przedsiębiorstwie X dość często użytkowane są maszyny nie w pełni sprawne. 23% badanych potwierdza ten fakt, stwierdzają jednak, że są to sytuacje bardzo rzadkie, a 15% sądzi, że raczej rzadkie. 5% badanych nie potwierdza faktu użytkowania maszyn niesprawnych.

Zmierzając do podsumowania ankiety respondentów poproszono o dokonanie oceny funkcjonowania parku maszynowego przedsiębiorstwa X (wykres 16).



**Wykres 16. Ocena funkcjonowania parku maszynowego przedsiębiorstwa X**  
Źródło: badania własne

Ponad 1/3 respondentów źle ocenia stan i funkcjonowanie parku maszynowego przedsiębiorstwa X, a 26% bardzo źle. Według 28% badanych park maszynowy należy ocenić na poziomie przeciętnym, a według 10% - na poziomie dobrym. Żaden z badanych nie wskazał oceny bardzo dobrej.

Żaden z ankietowanych nie ujawnił swych sugestii i postulatów odnośnie minimalizacji zjawiska awarii maszyn w przedsiębiorstwie X.

Wiele istotnych informacji na temat funkcjonowania wydziału obsługi technicznej, sposobów likwidacji awarii, a także jakości parku maszynowego w przedsiębiorstwie X uzyskano za pośrednictwem wywiadu przeprowadzonego z pracownikiem wydziału obsługi technicznej.

Badany pracownik zwrócił uwagę, iż przedsiębiorstwo zatrudnia w wydziale obsługi technicznej niewystarczającą ilość pracowników do obsługi awarii, remontów maszyn oraz ich konserwacji. Ze względu na te niedobory awarie dzielone są na „ważne” oraz „mniej ważne”. Jeśli awaria uznana jest jako „mniej ważna”, a w tym samym czasie wystąpi awaria „ważna”, likwidacja awarii „mniej ważnej” jest przerywana ponieważ pracownik koncentruje się na



likwidacji awarii „ważnej”. W takich sytuacjach, które zdarzają się stosunkowo często awaria „mniej ważna” może pozostać nieusunięta przez dłuższy okres czasu, co powoduje przestój maszyny oraz pracujących na niej operatorów.

Udzielający wywiadu pracownik uważa, że kadra zatrudniona w wydziale obsługi technicznej nie posiada zbyt wysokich kwalifikacji, często nie radzi sobie, w tym głównie przy awariach skomplikowanych wymagających dużej wiedzy elektronicznej, mechanicznej. Wyposażenie wydziału obsługi technicznej badany ocenia jako średnie.

Natomiast jako bardzo zły oceniany jest przez niego stan techniczny maszyn w przedsiębiorstwie X. Badany informuje, że niemal wszystkie kluczowe maszyny są stare (większość wyprodukowano w latach 90-tych). Zwraca on uwagę, że do wielu z tych maszyn niemożliwy już jest zakup nowych części zamiennych, ponieważ same maszyny nie są już produkowane, a niejednokrotnie produkująca je firma już nie istnieje. Ponadto niektóre z maszyn (zakupione z tzw. „drugiej ręki”) to maszyny jednostkowe, czyli wyprodukowane według zapotrzebowania danego kontrahenta. Wymienione okoliczności sprawiają, że przedsiębiorstwo X zmagają się z ciągłymi problemami związanymi z zamawianiem i długim oczekiwaniem na części zamienne, których brak na rynku. Konsekwencją są tu nie tylko przestoje związane z oczekiwaniem na części (bardzo często jest to długi czas przesyłki), lecz także zakup części używanych lub zamienników, co generuje kolejne awarie.

Badany zwraca również uwagę na długie terminy oczekiwania na serwisantów, co ma związek z brakiem pracowników wykwalifikowanych na rynku pracy, oraz duże zapotrzebowaniem serwisu w innych zakładach

#### **4.5. Wnioski i postulowane usprawnienia w zakresie minimalizacji awaryjności maszyn w przedsiębiorstwie X**

Z przeprowadzonych analiz w postaci pomiaru awaryjności maszyn oraz na podstawie wyników badania ankietowego przeprowadzonego z udziałem pracowników przedsiębiorstwa X można wysunąć następujące wnioski:

1. Przedsiębiorstwo X nie gromadzi wielu istotnych informacji, na podstawie których możliwe byłoby dokonywanie dogłębnych analiz i pomiarów awaryjności parku maszynowego. Dotyczy to przede wszystkim braku informacji na temat produktów wadliwych, których zaistnienie ma związek z niewłaściwą pracą maszyn i ich awariami. M.in. z tego powodu niemożliwe jest obliczenie wartości wskaźnika OEE



informującego o całkowitej wydajności parku maszynowego. Co bardzo istotne, ze względu na brak wystarczających danych nie istnieje też możliwość obliczenia awaryjności maszyn w kategoriach generowanych przez awarie kosztów.

2. Na podstawie analizy rejestru awarii można stwierdzić, że maszyny użytkowane w przedsiębiorstwie X w większości odznaczają się wysoką awaryjnością. Świadczą o tym zbyt wysokie wartości wskaźnika MTTR oraz zbyt niskie wartości wskaźnika MTBF.
3. Można stwierdzić, że ankietowani pracownicy przedsiębiorstwa potwierdzają niskie wyniki pomiaru dotyczącego awaryjności maszyn w przedsiębiorstwie X, trafnie wskazują na najbardziej awaryjne maszyny, przy czym 26% z nich uważa za bardzo awaryjne wszystkie kluczowe maszyny funkcjonujące w przedsiębiorstwie.
4. Większość ankietowanych pracowników sygnalizuje występowanie stosunkowo długich przestoju maszyn, powodowanych ich awariami, ponad połowa ankietowanych sygnalizuje ponadto, iż dość często w przedsiębiorstwie użytkowane są maszyny mimo ich niepełnej sprawności.
5. Zdecydowana większość badanych pracowników przedsiębiorstwa stwierdza, że główną przyczyną awarii maszyn jest zmęczenie lub ich naturalne zużycie, a więc pracownicy wskazują, że sprzęt jest stary i znacząco wyeksploatowany.
6. Ponad połowa ankietowanych pracowników stan i funkcjonowanie maszyn w przedsiębiorstwie X ocenia źle lub bardzo źle, w mniejszości są tu respondenci wskazujący ocenę przeciętną lub dobrą.
7. Z informacji uzyskanych za pośrednictwem wywiadu z pracownikiem obsługi technicznej wynika, że z powodu zaawansowanego wieku maszyn, pochodzących w większości z lat 90-tych, w przedsiębiorstwie X występuje istotny problem z zamawianiem i oczekiwaniem na części zamienne. W związku z tym pozyskiwane są także części niepełnowartościowe – używane lub zamienniki, które następnie generują większą awaryjność.
8. Pracownik wydziału obsługi technicznej zwraca także uwagę na niewystarczającą liczbę pracowników zatrudnionych w tym wydziale oraz ich stosunkowo niskie kwalifikacje, przejawiające się w braku stosownej wiedzy z zakresu mechaniki i elektroniki, co skutkuje z kolei brakiem umiejętności likwidacji bardziej skomplikowanych awarii, a w efekcie generuje długie przestoje.



9. Na podstawie uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że czynności zarządcze w zakresie utrzymania ruchu maszyn w przedsiębiorstwie są na niskim poziomie, a system utrzymania ruchu maszyn w praktyce nie istnieje.

W związku z uzyskanymi wynikami badań i adekwatnie do nasuwających się z nich wniosków można przedstawić postulaty, których praktyczne wdrożenie w życie może sprzyjać zmniejszenia nadmiernej awaryjności maszyn w przedsiębiorstwie.

1. Przedsiębiorstwo X powinno stworzyć i formalnie opisać system utrzymania ruchu maszyn.
2. Powinny być gromadzone wszystkie niezbędne informacje dotyczące awarii maszyn, aby istniała możliwość określenia istotnych dla efektywności maszyn wskaźników, a także możliwość bieżącego obliczania kosztów awarii.
3. Poprzez wyliczenie kosztów awarii poszczególnych maszyn przedsiębiorstwo powinno rozważyć, czy niektóre z nich nie generują nadmiernych strat i powinny być wycofane z użycia. W tym względzie sugerowana jest dogłębna analiza awaryjności maszyny Opticut, która ulega awariom co 40 godzin. Krótki czas bezawaryjnej pracy dotyczy także pelectiarki, maszyn Famad oraz strugarki, w związku z czym również ich powinna dotyczyć taka analiza. Zwrócić tu należy uwagę, iż analiza rejestru awarii dowodzi, że w analizowanym okresie maszyny Famad ulegały awarii w tym samym czasie, co w ogóle wstrzymywało dalszy cykl produkcyjny w przedsiębiorstwie.
4. Ponieważ dla większości maszyn wskaźnik MTTR nie był korzystny, analizom powinny zostać poddane przyczyny długich przestoju powodowanych awariami. Szczególnej analizie należy poddać powody zbyt długiego oczekiwania na naprawę pelectiarki.
5. Niekorzystny wskaźnik MTTR może m.in. wynikać z zaniedbań dotyczących odpowiedniej ilości części zamiennych. Ponieważ gromadzenie zapasów części zamiennych wiąże się z zamrożeniem aktywów, a z drugiej strony bardzo częstym zjawiskiem powodującym długotrwałe przestoje jest właśnie oczekiwanie na części, których nie ma „na stanie”, w przedsiębiorstwie X powinny zostać dokonane gruntowne analizy dotyczące wytypowania części, które bezwzględnie powinny się znaleźć w zapasach, (uwzględniając obecny stan i poziom awaryjności maszyn).



6. Ze względu na identyfikację awarii, których przyczyną były błędy w konserwacji maszyn, a w tym zwłaszcza braki oleju, należy w większym stopniu zadbać o te aspekty funkcjonowania parku maszynowego.
7. Ze względu na ujawniony przez pracowników fakt częstego użytkowania maszyn o niepełnej sprawności działania, kierownictwo firmy powinno dążyć do eliminacji tego zjawiska, nie tylko przez wzgląd na ewentualne straty surowca i generowanie poważniejszych awarii, lecz także ze względu na bezpieczeństwo pracowników.



## Zakończenie

Utrzymanie parku maszynowego przedsiębiorstwa produkcyjnego na odpowiednim poziomie wydajności oraz produktywności stanowi jeden z priorytetów zarządzania. W odniesieniu do przedsiębiorstw z branży tartacznej jest to tym bardziej istotne, że umiejscawiają się one na początku tzw. łańcucha drzewnego, ponieważ przetwarzają ponad połowę surowca drzewnego dla kolejnych branż tego sektora oraz zaopatrują wiele dziedzin gospodarki w niezbędne materiały.

Nadmieniono już w niniejszej pracy, iż wyniki badań wskazują, że wciąż jeszcze niewiele przedsiębiorstw z branży tartacznej stosuje odpowiednie metody i instrumenty zarządzania dotyczące utrzymania ruchu maszyn.

Przykładem takiego przedsiębiorstwa jest analizowane w tej pracy przedsiębiorstwo X. Podstawowym błędem tam popełnianym jest brak gromadzenia istotnych danych umożliwiających rzetelną i dogłębną analizę awaryjności parku maszynowego. Jednak już z analizy danych, które firma zgromadziła jasno wynika, że wskaźniki efektywności maszyn są niekorzystne ponieważ odzwierciedlają stosunkowo niewielkie przedziały czasowe bezawaryjnej pracy maszyn, jak i zbyt długi czas przestoju spowodowanych awariami.

Dokonane pomiary i uzyskane niekorzystne wartości wskaźników MTTR i MBTF znajdują potwierdzenie w opiniach pracowników firmy prezentowanych w badaniu ankietowym oraz za pośrednictwem wywiadu.

Całokształt zgromadzonego materiału badawczego, umożliwiający zarazem wysunięcie wniosków i przedstawienie postulatów dla badanego przedsiębiorstwa świadczy o realizacji celu niniejszej pracy.

W podsumowaniu należy dodać, iż kierownictwo badanego przedsiębiorstwa, pragnąc utrzymać firmę na wysokim poziomie wydajności powinno wziąć pod uwagę, że w dobie obecnej, ostrej konkurencji jednym z kluczowych czynników jest stała dostępność i niezawodność maszyn. Dlatego też za jeden z priorytetów zarządzania powinno zostać uznane nie tylko szybkie radzenie sobie z awariami, lecz także zapobieganie ich występowaniu.



## Bibliografia

- A Motyl. (2021). *10 przyczyn awarii czyli japońskie podejście do kwestii awaryjności parku maszynowego*. Pobrano 02 23, 2021 z lokalizacji <https://portalprzemslowy.pl/wyroznione/10-przyczyn-awarii-3/>
- A. Szostak, E. R. (2008). Technika i technologia w polskim przemyśle tartacznym - wyniki badań empirycznych. *Drewno Wood*(180).
- B Słowiński. (2014). Inżynieria eksploatacyjna maszyn. W B. Słowiński, *Inżynieria eksploatacyjna maszyn* (str. 35). Koszalin: Politechnika Koszalińska.
- B. Michalik. (2020). Zapewniają precyzyjne, ostrzenie pił taśmowych. *Gazeta Przemysłu Drzewnego*(8), str. 46. Pobrano z lokalizacji <https://gpd24.pl/e-zine/GPD-08-2020/46/>
- B. Michalik. (2021). Modułowe linie do produkcji peletu. *Gazeta Przemysłu Drzewnego*(1). Pobrano z lokalizacji <https://gpd24.pl/e-zine/GPD-01-2021/24/>
- B. Misiurek. (2017). B. Misiurek, MTBF, MTTR i MTTF – jak i po co stosować te wskaźniki? *Służby Utrzymania Ruchu*(1).
- B. Szumilas. (brak daty). Wykonywanie maszynowej obróbki drewna i tworzyw drzewnych.
- B. Żółtowski, M. Ł. (2012). Techniki informatyczne w badaniu stanu maszyn,. Bydgoszcz: Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno – Przyrodniczego w Bydgoszczy.
- Dygas, A. (2006). Mechaniczna obróbka drewna. Radom: Instytut Technologii Eksploatacji - Państwowy Instytut Badawczy.
- E. Macha. (2001). Niezawodność maszyn. W E. Macha, *Niezawodność maszyn*. Opole: Politechnika Opolska.
- E. Ratajczak. (2001). Rynek drzewny. Analiza struktury przedmiotowych. W E. Ratajczak, *Rynek drzewny. Analiza struktury przedmiotowych* (str. 18). Poznań: Instytut Technologii Drewna.
- E. Ratajczak. (2003). Rynek drzewny w Polsce w perspektywie integracji z Unią Europejską. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio H. Oeconomia*(37), str. 318.
- E. Ratajczak. (2003). Wyzwania nowej gospodarki dla drzewnictwa. *Drewno. Prace naukowe. Doniesienia. Komunikaty*(169), str. 112.
- E. Ratajczak. (2011). Kompozyty drzewne. W E. Ratajczak, *Foresight w drzewnictwie - Polska 2020* (str. 20). Poznań: Instytut Technologii Drewna.
- E. Ratajczak. (2011). Mechaniczny przerób drewna. W E. Ratajczak, *Foresight w drzewnictwie - Polska 2020* (str. 65). Poznań: Instytut Technologii Drewna.
- E. Ratajczak, G. B. (2009). Innowacyjność sektora drzewnego w Polsce. W G. B. E. Ratajczak, *Innowacyjność sektora drzewnego w Polsce* (str. 51). Poznań: Instytut Technologii Drewna.
- E. Ratajczak, G. B. (2011). Obszar badawczy: kompozyty drzewne. W G. B. E. Ratajczak, *Foresight w drzewnictwie* (strony 32-33). Poznań: Instytut Technologii Drewna.
- E. Ratajczak, J. P. (2009). Zarządzanie i marketing w polskim przemyśle tartacznym. W J. P. E. Ratajczak, *Drewno-Wood* (str. 80).
- FitMech. (brak daty). <https://fitmech.medium.com/>. Pobrano 06 14, 2021 z lokalizacji *Przestoje w produkcji - gdzie szukać ich przyczyn:* <https://fitmech.medium.com/przestoje-w-produkcji-gdzie-szuka%C4%87-ich-przyczyn-51f4aedc8d33>
- G. Kudliński. (2017). Bezpieczna praca w tartaku. W G. Kudliński, *Bezpieczna praca w tartaku* (strony 14-15). Warszawa: Wydawnictwo Państwowej Inspekcji Pracy.
- H. Nowak. (2000). Stolarstwo – Technologia i materiałoznawstwo. Warszawa: WSiP.
- J. Apanowicz. (2002). *Metodologia ogólna*,. Gdynia: Wydawnictwo Bernardinum.



- J. Bekas. (2020). Konieczne innowacje w metodach i technikach wytwarzania. Stan i perspektywy rozwoju sektora leśno - drzewnego. *Gazeta Przemysłu Drzewnego*(8), str. 16.
- J. Mazurkiewicz, P. S. (2004). Awaryjność w ciągłej linii produkcyjnej,. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej*.
- K. Antosz, D. S. (2015). Mierniki oceny efektywności funkcjonowania maszyn w dużych przedsiębiorstwach: wyniki badań,. *K. Antosz, D. Stadnicka, Mierniki oceny efektywności funkcjonowania maszyn w Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*(17).
- K. Janisz, M. L. (2019). Analiza efektywności wykorzystania maszyn na wybranej linii produkcyjnej,. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej*, 136.
- K. Kowalska, L. S. (2017). Analiza zakłóceń procesu produkcyjnego na wybranym przykładzie. (73).
- Ł. Styczyński. (2007). Wykonywanie maszynowej obróbki drewna i tworzyw drzewnych,. Radom: Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy.
- M. Młyńczak. (2012). Metodyka badań eksploatacyjnych obiektów mechanicznych. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
- M. Urbaniak. (2004). Zarządzanie jakością - teoria i praktyka. Warszawa: Difin.
- M. Laskowski. (2016). Wyposażenie tartaków w części zamienne i modernizacje maszyn,. *Maszyny w Przemysle Drzewnym*(3).
- M. Majoch. (2021). Akłita dotycząca awaryjności maszyn w przedsiębiorstwie. *Załącznik nr 2*.
- M. Majoch. (2021). Informacje na podstawie dokumentacji wewnętrznej przedsiębiorstwa X.
- M. Majoch. (2021). Załącznik nr 1.
- M. Zasadzień, B. S.-Z. (2013). Zastosowanie miar niezawodności do analizy awaryjności kluczowych maszyn w przedsiębiorstwie produkcyjnym - studium przypadku. W B. S.-Z. M. Zasadzień.
- P. Kozakiewicz, S. K. (2013). Inżynieria materiałów drzewnych. W S. K. P. Kozakiewicz, *Inżynieria materiałów drzewnych* (strony 32-33). Warszawa: SGGW.
- Polska przyciąga dużych inwestorów z branży przemysłu drzewnego. Lokalne firmy często nie są w stanie sprostać konkurencji.* (2021). Pobrano 03 21, 2021 z lokalizacji [www.drewno.pl](http://www.drewno.pl): <https://www.drewno.pl/artykuly/11918,polska-przyciaga-duzych-inwestorow-z-branzy-przemyslu-drzewnego-lokalne-firmy-czesto-nie-sa-w-stanie-sprostac-tej-konkurencji.html>,
- R. Chciuk. (2017). Ukryte koszty maszyny. *Surowce i Maszyny Budowlane*(5).
- R. Chciuk. (2018). Pożegnanie z maszyną. Kiedy i dlaczego trzeba pozbyć się maszyny? *Surowce i Maszyny Budowlane*(4).
- R. Pascual, V. M. (2008). O wpływie kosztów przestojów i ograniczeń budżetowych na politykę prewencyjną i zastępczą,. *Inżynieria niezawodności i bezpieczeństwo systemu*(93).
- S. Legutko. (2009, 2). *Trendy rozwoju utrzymania ruchu urządzeń*. Pobrano z lokalizacji <http://www.ein.org.pl/sites/default/files/2009-02-02.pdf>
- Z. Banaszak, S. K. (2011). Zintegrowane Systemy Zarządzania. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.

## Spis rysunków

1. Struktura sektora drzewnego.....	5
2. Jakość eksploatacyjna maszyn.....	16
3. Cechy funkcjonalne maszyn technologicznych.....	17
4. Przyczyny awarii maszyn.....	21
5. Awaryjność maszyn a czas ich eksploatacji.....	25
6. Elementy maszyny tartacznej typu trak.....	31

## Spis fotografii

1. Tarcica jako pierwszy i podstawowy wyrób przemysłu tartaczego.....	6
2. Pilarka ramowa pionowa (trak pionowy).....	13
3. Trak pionowy przemysłowy.....	13
4. Stanowisko obsługi traka.....	14

## Spis tabel

1. Proces unowocześniania parku maszynowego w przemyśle tartacznym.....	10
2. Wybrane kryteria i wskaźniki oceny funkcjonalności i awaryjności maszyn.....	34

## Spis wykresów

1. Rodzaje awarii maszyn w przedsiębiorstwie X.....	40
2. Ilość awarii poszczególnych rodzajów maszyn w badanym okresie.....	41
3. Awaryjność poszczególnych maszyn w ujęciu procentowym.....	41
4. Czas trwania awarii poszczególnych maszyn.....	42
5. Wykonawcy napraw awarii.....	43
6. Zestawienie wskaźników MTTR dla analizowanych maszyn.....	46
7. Zestawienie wskaźników MTBF dla analizowanych maszyn.....	47
8. Najbardziej awaryjne maszyny według pracowników przedsiębiorstwa X.....	48
9. Najbardziej awaryjne części maszyn według pracowników przedsiębiorstwa X.....	48
10. Częstotliwość awarii maszyn w opinii pracowników przedsiębiorstwa X.....	49
11. Najczęstsze przyczyny awarii maszyn według pracowników przedsiębiorstwa X.....	49
12. Osoby likwidujące awarie według pracowników przedsiębiorstwa X.....	50
13. Czas trwania przestoju wynikających z awarii według pracowników przedsiębiorstwa X.....	50
14. Najdłuższy czas trwania awarii według pracowników przedsiębiorstwa X.....	51
15. Użytkowanie maszyn nie w pełni sprawnych według pracowników przedsiębiorstwa.....	51
16. Ocena funkcjonowania parku maszynowego przedsiębiorstwa X.....	52





## Załącznik 1

### Rejestr awarii maszyn w przedsiębiorstwie X, w okresie styczeń – kwiecień 2021

L.p.	Data	Urządzenie	Przyczyna	Uwagi	Czas przestoju
1	12.01.21	mini trak	błąd braku oleju		12:20
2	12.01.21	Famad 1	zerwany pasek czopiarki	brak zapasów w ZOT awaria usunięta przez operatora	00:30
3	12.01.21	strugarka	złamany wąż do sprzątanía strugarki	awaria usunięta przez operatora	00:40
4	12.01.21	strugarka	uszkodzone dociski regeneracja i ustawienie docisków	awaria usunięta przez operatora	00:50
5	12.01.21	Famad 2	awaria czujnika światłoczułego	wymiana czujnika na nowy	01:10
6	12.01.21	Famad 2	awaria paska	wymiana paska na nowy	04:30
7	12.01.21	trak 2	urwany łańcuch obrotowy i rolka napinająca	naprawa łańcucha, wymiana rolki	03:00
8	13.01.21	PLT	awaria łożyska i matrycy	awaria usunięta przez operatora	02:00
9	13.01.21	minitrak	błąd - brak oleju	usunięty przez operatora	02:30
10	13.01.21	strugarka	uszkodzona rura spiro	usunięta przez operatora	01:00
11	13.01.21	Famad 1	błędy maszyny	reset maszyny	01:30
12	13.01.21	Famad 2	aktywny stop awaryjny		00:40
13	13.01.21	Famad 2	awaria łożyska	wymiana łożyska	02:10
14	13.01.21	Famad 2	awaria czujnika światłoczułego	wymiana czujnika na nowy	00:40
15	14.01.21	Opticut	urwana osłona taśmy	regeneracja osłony	00:40
16	14.01.21	Famad 2	awaria czujnika światłoczułego	wymiana czujnika na nowy	00:40
17	15.01.21	Famad 1	awaria czopiarki		10:00
18	18.01.21	PLT	awaria hydrauliki, zbyt niska temperatura	usunięta przez operatora	01:30
19	18.01.21	Famad 1	awaria czopiarki		12:30
20	18.01.21	strugarka	uszkodzona osłona posuwu	usunięta przez operatora	01:20
21	18.01.21	strugarka	uszkodzona blokada głowicy bocznej	usunięta przez operatora	01:00
22	18.01.21	PLT	urwane pióro ślimaka trocin	usunięta przez operatora	00:40
23	19.01.21	PLT	awaria reduktora przy małej taśmie		14:00
24	19.01.21	trak 1	problemy elektryczne		01:20



25	19.01.21	Opticut	uszkodzenie listwy przy pile		00:50
26	20.01.21	Famad 2	awaria łożyska wału czopiarki		01:00
27	21.01.21	PLT	pęknięta bieżnia w prawej rolce	usunięta przez operatora	03:40
28	21.01.21	Famad 2	awaria łożyska wału czopiarki		01:20
29	22.01.21	Famad 2	awaria łożyska wału czopiarki		01:20
30	25.01.21	Famad 2	awaria łożyska wału czopiarki		01:00
31	26.01.21	Opticut	uszkodzenie listwy przy stole		01:40
32	26.01.21	Opticut	uszkodzenie listwy przy pile		01:10
33	26.01.21	Opticut	zerwanie paska		00:30
34	26.01.21	Famad 1	awaria czopiarki i pompy		02:20
35	26.01.21	trak 2	blokada taśmy transportu trocin	usunięta przez operatora	01:10
36	27.01.21	Famad 2	awaria czopiarki		03:20
37	28.01.21	Famad 2	awaria taśmy		01:40
38	01.02.21	wielopiła 1	awaria siłownika, poluzowanie się piły		00:50
39	01.02.21	PLT	awaria czujnika rafinatora	usunięta przez operatora	00:50
40	02.02.21	Famad 2	awaria listwy dociskowej prasy		03:40
41	02.02.21	PLT	awaria pompy suwaków trocin, brak funkcji silnika	elektryk zajęty inną usterką	04:20
42	02.02.21	Opticut	awaria osłony taśmy i odbojnika		01:30
43	03.02.21	Opticut	awaria fotokomórki rolki piły		16:00
44	04.02.21	Opticut	awaria fotokomórki rolki piły		16:00
45	04.02.21	strugarka	uszkodzony wałek Kardana i pęknięta obudowa		02:10
46	05.02.21	PLT	awaria łożyska młynka rafinatora trocin		06:30
47	05.02.21	PLT	zapalenie się zgrzewarki do worków		06:30
48	05.02.21	Opticut	awaria fotokomórki rolki piły		01:10
49	05.02.21	Famad 1	awaria liczydełka		01:40
50	08.02.21	PLT	awaria zgrzewarki		16:00
51	09.02.21	PLT	awaria zgrzewarki		16:00



52	10.02.21	PLT	awaria zgrzewarki	usunięta przez operatora	06:00
53	12.02.21	Famad 1	awaria blachy ogranicznika		00:40
54	12.02.21	PLT	połamane sprzęgło w silniku olejowym		09:30
55	15.02.21	PLT	połamane sprzęgło w silniku olejowym		08:00
56	15.02.21	trak 1	brak smarowania traka		00:40
57	16.02.21	Famad 2	awaria czujnika		00:40
58	18.02.21	Opticut	urwany blat przy pile		05:30
59	24.02.21	Opticut	obluzowanie listwy przy pile		00:30
60	25.02.21	trak 1	awaria łożysk ramy		07:00
61	25.02.21	Famad 1	spalony zasilacz		05:20
62	26.02.21	Opticut	zablokowana taśma do odpadów		00:50
63	01.03.21	Opticut	awaria fotokomórki rolki piły		01:00
64	01.03.21	Opticut	zablokowana taśma odpowiadająca elementy do łączenia	usunięta przez operatora	01:20
65	02.03.21	Opticut	uszkodzenie listwy	usunięta przez operatora	00:30
66	02.03.21	Opticut	wymiana śrub przy listwie	usunięta przez operatora	00:40
67	02.03.21	Opticut	uszkodzenie listwy przy pile	usunięta przez operatora	03:30
68	04.03.21	Famad 2	awaria odbojnika	usunięta przez operatora	05:30
69	06.03.21	Opticut	awaria klapy maszyny	usunięta przez operatora	01:00
70	10.03.21	Famad 2	awaria stycznika	usunięta przez operatora	03:00
71	10.03.21	Opticut	awaria wyrzutnika nr 2	usunięta przez operatora	02:00
72	12.03.21	Opticut	awaria taśmy do odpadów i kółka pomiarowego	usunięta przez operatora	01:30
73	15.03.21	Opticut	przerwanie taśmy odpadowej, błędy pomiaru	usunięta przez operatora	00:20
74	15.03.21	Opticut	awaria kółka pomiarowego	nie usunięta	08:00
75	16.03.21	Opticut	awaria kółka pomiarowego	nie usunięta	08:00
76	16.03.21	Opticut	awaria kółka pomiarowego		01:40

77	17.03.21	Opticut	uszkodzona taśma wyrzutników, wymiana piły		00:50
78	18.03.21	Opticut	awaria taśmy paska	usunięta przez operatora	00:50
79	19.03.21	strugarka	awaria podnoszenia stołu	usunięta przez operatora	00:45
80	22.03.21	strugarka	awaria posuwu		01:40
81	22.03.21	Opticut	awaria kółka pomiarowego		03:50
82	22.03.21	Opticut	awaria fotokomórki startu piły		00:30
83	22.03.21	Opticut	awaria fotokomórki startu piły		00:30
84	23.03.21	Opticut	awaria fotokomórki startu piły		02:00
85	23.03.21	Opticut	awaria fotokomórki startu piły		00:50
86	25.03.21	Opticut	awaria taśmy odpadów		01:20
87	12.04.21	wielopiła 1	brak fazy		00:30
88	13.04.21	wielopiła 1	awaria siłownika		00:40
89	14.04.21	wielopiła 1	awaria zasilania		01:50
90	14.04.21	Opticut	awaria stycznika napędu piły		01:10
91	15.04.21	Opticut	awaria stycznika napędu piły		00:30
92	15.04.21	wielopiła 2	awaria zasilania		01:30
93	16.04.21	wielopiła 2	awaria zasilania		03:00
94	17.04.21	Opticut	awaria paska		00:40
95	20.04.21	strugarka 1	awaria suportu posuwu	nie usunięta	08:00
96	21.04.21	Opticut	awaria wyrzutnika		00:60

## Załącznik 2

### Ankieta dla pracowników przedsiębiorstwa X

Jestem studentem Wyższej Szkoły Biznesu w Nowym Sączu i zwracam się do Państwa z prośbą o wypełnienie ankiety dotyczącej tematyki awaryjności maszyn w przedsiębiorstwie, w którym są Państwo zatrudnieni. Ankieta jest anonimowa i posłuży celom mojej pracy dyplomowej.

- Kobieta   
Mężczyzna   
Pracownik biurowy   
Pracownik produkcji

1. Czy w przedsiębiorstwie zdarzają się awarie maszyn powodujące unieruchomienie maszyn i związane z tym przestoje produkcji ?

- a) tak  
b) nie

2. Jakiego typu maszyn najczęściej dotyczą awarie ?

.....  
.....

3. Jakie części maszyn są najbardziej podatne na awarie ?

- a) części tnące  
b) elementy elektryczne  
c) elementy pneumatyczne  
d) inne.....

4. Jak często zdarzają się awarie powodujące unieruchomienie maszyny przynajmniej na 1 godzinę ?

- a) codziennie  
b) 3 razy w tygodniu  
c) 2 razy w tygodniu  
d) raz na tydzień  
e) kilka razy w miesiącu  
f) raz w miesiącu  
g) rzadziej niż raz w miesiącu  
h) inne.....

5. Jakie są przyczyny awarii maszyn ? (proszę wskazać dwa najczęściej występujące powody lub dopisać własną odpowiedź).

- zła jakość części zamiennych;  
a) zła regulacja maszyn  
b) źle wykonane przezbrojenie  
c) przeciążenie urządzenia / zmiana parametrów  
d) zmęczenie lub naturalne zużycie elementów  
e) błędy obsługi  
f) błędy konstrukcyjne  
g) inne.....



h) inne.....

6. Kto zapewnia najczęściej naprawę maszyny w przypadku awarii ?

- a) mechanicy zatrudnieni w przedsiębiorstwie
- b) sami pracownicy
- c) serwis zewnętrzny
- d) inne.....

7. Jak długo trwają najczęściej przestoje maszyny związane z jej unieruchomieniem?

- a) 1 godzinę
- b) 3 godziny
- c) cały dzień pracy
- d) dwa dni
- e) kilka dni
- f) inne.....

8. Ile trwał najdłuższy przestój maszyny w ciągu ostatnich dwóch lat ?

.....

9. Czy zdarzają się sytuacje, że użytkowane są maszyny mimo ich niepełnej sprawności ?

- a) tak, ale bardzo rzadko
- b) tak, ale raczej rzadko
- c) tak, dość często
- d) nie zdarzają się takie sytuacje

10. Jak ocenia Pan/Pani stan parku maszynowego w przedsiębiorstwie ?

- a) bardzo dobrze
- b) dobrze
- c) przeciętnie
- d) źle
- e) bardzo źle

11. Czy ma Pan/Pani jakieś sugestie odnośnie minimalizacji zjawiska awarii maszyn w przedsiębiorstwie ?

- a) tak
- b) nie

Jeśli wskazała Pani/Pan odpowiedź – tak, proszę krótko napisać swoją sugestię

.....  
.....  
.....

Dziękuję za poświęcony czas i wypełnienie ankiety



### Załącznik 3

#### Wywiad z pracownikiem wydziału obsługi technicznej przedsiębiorstwa X

Wiek.....

Lata pracy w przedsiębiorstwie.....

Kwalifikacje zawodowe.....

1. Ilu pracowników zatrudniono w wydziale obsługi technicznej ?
2. Jak ocenia Pan wyposażenie wydziału obsługi technicznej ?
3. Jak ocenia Pan kwalifikacje pracowników wydziału obsługi technicznej ?
4. Jak ocenia Pan sposób dokonywania napraw przez pracowników wydziału obsługi technicznej ?
5. Jak szybko podejmowane są naprawy w przypadku wystąpienia awarii ?
6. Jak często do likwidacji awarii wzywani są serwisanci spoza przedsiębiorstwa ?
7. Jak ocenia Pan jakość maszyn w przedsiębiorstwie ?

