



Wydział  
Mechaniczny



Instytut Informatyki  
i Zarządzania Produkcją  
ul. Szafrana 4  
65-246 Zielona Góra

tel. ( 0-68 ) 328-22-73  
Sekretariat@iizp.uz.zgora.pl

# INŻYNIERIA

# PRODUKCJI

*Rozwiązania  
dla praktyki*

Pod redakcją:  
Juliana Jakubowskiego  
Justyny Patalas-Maliszewskiej

# Z iP

# 12

# **INŻYNIERIA PRODUKCJI**

*Rozwiązania  
dla praktyki*

Pod redakcją:  
Juliana Jakubowskiego  
Justyny Patalas-Maliszewskiej

Zielona Góra 2017

**UNIwersYTET ZIELONOGÓRSKI**  
**Rada Wydawnicza Instytutu Informatyki i Zarządzania Produkcją**  
Julian Jakubowski, Sławomir Kłos,  
Justyna-Patalas-Maliszewska, Michał Sąsiadek, Roman Stryjski, Waldemar Woźniak



**Autorzy rozdziałów:**

**Rozdział 1:** Tomasz Matuszak, Justyna Patalas-Maliszewska  
**Rozdział 2:** Karol Dąbrowski, Kamil Leksycki, Katarzyna Skrzypek  
**Rozdział 3:** Julian Jakubowski, Aneta Seniuk  
**Rozdział 4:** Tadeusz Szmigielski, Natalia Nowakowska  
**Rozdział 5:** Daniel Dębowski, Robert Kieliszewski  
**Rozdział 6:** Dawid Jung, Marek Sałamaj  
**Rozdział 7:** Waldemar Woźniak

Redakcja naukowa:  
**Julian Jakubowski**  
**Justyna Patalas-Maliszewska**

**Recenzenci:**  
prof. Irene Krebs, prof. Josef Basl

© Copyright by Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją  
Zielona Góra 2017

**ISBN: 978-83-65200-05-1**

## Spis treści

Przedmowa .....	5
<b>Rozdział 1</b>	
Projekt systemu CRM dla przedsiębiorstwa produkcyjnego .....	7
<i>Tomasz Matuszak, Justyna Patalas-Maliszewska</i>	
<b>Rozdział 2</b>	
Wdrażanie 5S na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa produkcyjnego .....	19
<i>Karol Dąbrowski, Kamil Leksycki, Katarzyna Skrzypek</i>	
<b>Rozdział 3</b>	
Ocena skuteczności i efektywności metod oraz technik zarządzania jakością .....	29
<i>Julian Jakubowski, Aneta Seniuk</i>	
<b>Rozdział 4</b>	
Przydatność karty kontrolnej akceptacji procesu w sterowaniu procesami o wysokiej zdolności jakościowej .....	49
<i>Tadeusz Szmigielski, Natalia Nowakowska</i>	
<b>Rozdział 5</b>	
Optymalizacja procesu produkcyjnego bloku rozdzielacza v3.1 w przedsiębiorstwie MB Pneumatyka .....	63
<i>Daniel Dębowski, Robert Kieliszewski</i>	
<b>Rozdział 6</b>	
Jakość w procesach produkcyjnych .....	77
<i>Dawid Jung, Marek Salamaj</i>	
<b>Rozdział 7</b>	
Zastosowanie metodyki DMAIC do usprawniania procesu przezbrajania .....	89
<i>Waldemar Woźniak</i>	
Bibliografia .....	103
Autorzy .....	107

## PRZEDMOWA

*Szanowni Państwo,*

*w erze przemysłu 4.0 istotnym czynnikiem rozwoju przedsiębiorstw produkcyjnych jest wykorzystywanie wyników prac badawczo-rozwojowych w celu rozwoju firmy. Wynika to z konieczności ciągłego podnoszenia poziomu innowacyjnego aby utrzymać lub/i osiągnąć przewagę konkurencyjną na rynku. Przedsiębiorstwa poszukują nowych rozwiązań swoich problemów oraz innowacyjnych działań, których wdrożenie doprowadzi do poprawy efektywności funkcjonowania firmy. Odpowiedzią na potrzeby przedsiębiorstw są wyniki badań prowadzonych przez studentów kierunków zarządzanie i inżynieria produkcji, informatyka oraz pokrewnych przy wsparciu pracowników naukowo-badawczych Wydziału Mechanicznego Uniwersytetu Zielonogórskiego.*

*Założeniem prac nad niniejszą książką jest stworzenie możliwości poznania proponowanych rozwiązań innowacyjnych dla przedsiębiorstw produkcyjnych. Niniejsza publikacja przedstawia wybrane rozwiązania użyteczne dla praktyki gospodarczej. Szczególną uwagę poświęcono wdrożeniom metod, które mają na celu poprawę jakości wybranych aspektów działalności przedsiębiorstwa.*

*W rozdziale pierwszym zaproponowano i przedstawiono dodatkowe funkcjonalności systemu CRM na licencji open source CRM YetiForce dla przedsiębiorstwa produkcyjnego oraz pokazano proces implementacji systemu CRM YetiForce. Proces budowania systemu zarządzania relacjami z klientem w przedsiębiorstwie jest procesem złożonym, na które składają się czynności związane z analizą klientów, ich segmentacją, budowaniem więzi oraz obsługą. Zarządzanie relacjami z klientem (ang. Customer Relationship Management - CRM) można traktować jako rozwiązanie informatyczne dedykowane dla firm w celu wsparcia procesu obsługi klienta. Podstawowym problemem implementacji takich rozwiązań w firmie jest umiejętne dopasowanie tego narzędzia do charakteru i potrzeb danego przedsiębiorstwa.*

*W rozdziale drugim scharakteryzowano etapy wdrożenia w przedsiębiorstwie produkcyjnym metody 5S, będącej jedną z najważniejszych narzędzi stosowanych do budowy organizacji opartej na filozofii Lean.*

*Rozdział trzeci to analiza efektywności narzędzi projakościowych stosowanych w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Na podstawie wyników badań ankietowych wybrano metody oraz techniki zarządzania jakością: analizę FMEA, raport 8D, metodę 5WHY, plan kontroli oraz diagram Pareto. Następnie określono skuteczność zastosowania tych metod w przedsiębiorstwie.*

*W rozdziale czwartym zaprezentowano przykład usprawnienia procesu kontroli jakości danego wyrobu. Na podstawie kontroli liczbowej wymiaru średnicy zewnętrznej koła ślimakowego wykazano, że proces jest zdolny i wycelowany. Do badania wykorzystano kartę średniej i rozstępu, która wskazała na konieczność regulacji procesu toczenia. Wykazano, że bardziej adekwatnym narzędziem sterowania jakością wyrobu była karta akceptacji procesu, ze względu na sposób obliczania linii kontrolnych z uwzględnieniem granic tolerancji.*

*Rozdział piąty to analiza problemów występujących w procesie produkcyjnym na przykładzie przedsiębiorstwa produkcyjnego MB-Pneumatyka. Zostały omówione elementy optymalizacji procesu, które zostały wdrożone w poszczególnych elementach procesu produkcyjnego.*

*W rozdziale szóstym zaprezentowano zagadnienia związane z postrzeganiem jakości w zakresie procesów produkcyjnych, a dokładniej wszelkich aspektów mających na nią istotny wpływ na różnych etapach produkcji.*

*Rozdział siódmy to zaprezentowane możliwości zastosowania metody DMAIC do usprawnienia procesu przeobrażania linii technologicznej w badanym przedsiębiorstwie. W przyjętym rozwiązaniu połączono tradycyjne zasady eliminacji błędów podczas procesu przeobrażania, jednocześnie dążąc do ciągłej poprawy i monitorowania czynności z nim związanych. Proces ten, determinowany był dodatkowo coraz mocniejszym naciskiem na obniżenie kosztów i generowania oszczędności w połączeniu z redukcją czynności nie przynoszących wartości dodanej dla przedsiębiorstwa.*

*Zaprezentowane rozwiązania, w szczególności w obszarze zastosowania metod i narzędzi poprawiających jakość wybranych procesów przedsiębiorstwa, pokazują możliwości zastosowania wyników prac badawczo-rozwojowych w praktyce gospodarczej.*

*Życzymy przyjemnej i pożytecznej lektury.*

*Redaktorzy*



# **PROJEKT SYSTEMU CRM DLA PRZEDSIĘBIORSTWA PRODUKCYJNEGO**

## **1. WPROWADZENIE**

Zarządzanie relacjami z klientem (ang. Customer Relationship Management - CRM) można traktować jako rozwiązanie informatyczne dedykowane dla firm w celu wsparcia procesu obsługi klienta. W szerszym ujęciu – zgodnie ze stanowiskiem Lotko [7] CRM to strategia biznesowa polegająca na budowaniu związku i zarządzaniu klientami w celu optymalizacji długotrwałych korzyści. Podstawowe funkcjonalności takiego narzędzia informatycznego, oferowanego przez różnych dostawców to zbieranie i przetwarzanie danych o klientach czy usprawnianie przepływu informacji między pracownikami. Podstawowym problemem implementacji takich rozwiązań w firmie jest umiejętne dopasowanie tego narzędzia do charakteru i potrzeb danego przedsiębiorstwa. W artykule zaproponowano dodatkowe funkcjonalności systemu CRM na licencji open source CRM YetiForce dla przedsiębiorstwa produkcyjnego. Fundamentem dla CRM YetiForce jest Vtiger CRM z rozszerzoną funkcjonalnością, ułatwieniem tworzenia nowych modułów i bardziej przejrzystym interfejsem dla użytkownika.

Rozwiązania autorskie zaprezentowane w artykule dotyczą zbudowania następującego modułu w systemie YetiForce: modułu administracji bezpieczeństwem informacji w firmie. Głównym językiem do programowania systemu YetiForce jest PHP, pozwala na budowę aplikacji webowych w czasie rzeczywistym, jako interpretowany skryptowy język programowania, który wykorzystuje się głównie do tworzenia skryptów po stronie serwera WWW.

## **2. PODSTAWOWA WERSJA PROGRAMU CRM YETIFORCE**

System informatyczny typu CRM (Customer Relationship Management), czyli zarządzanie relacjami z klientem umożliwia m. in. [5] gromadzenie, przetwarzanie oraz analizowanie informacji o klientach, historii kontaktów handlowych, prowadzonych działaniach promocyjnych czy kontaktach z klientami. Najważniejszymi elementami w ogólnym modelu systemu CRM są kanały dystrybucji, centralna baza danych oraz moduły analityczne. Szczególnie ważny jest kontakt klienta z pracownikiem w celu uzyskania dodatkowych informacji o produkcie. Dzięki systemowi CRM pracownik ma możliwość natychmiastowego uzyskania pełnej informacji o danym kliencie, a przez to szybszej i dokładniejszej odpowiedzi.



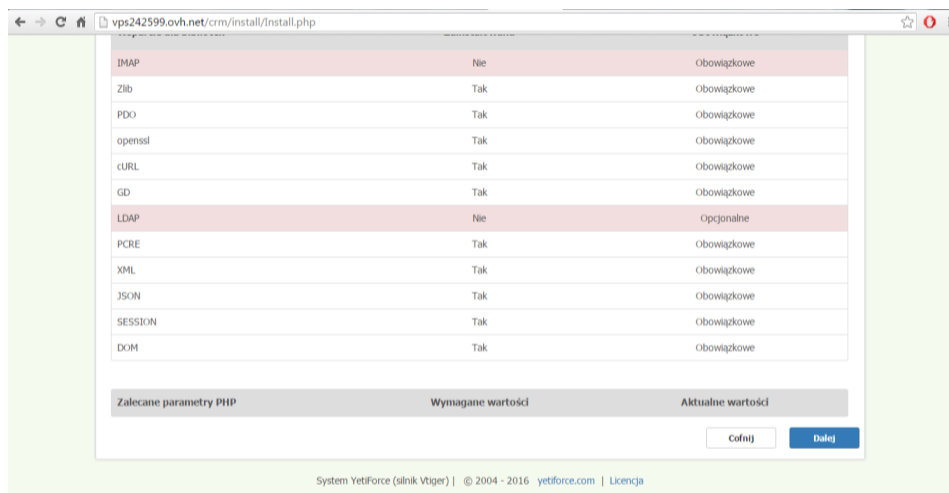
CRM jako narzędzie informatyczne wykorzystywane jest do zarządzania danymi. Istnieje możliwość wykorzystania trzech głównych obszarów zastosowania systemu zarządzania relacjami z klientem [6]:

- operacyjny CRM – obejmuje wszystkie obszary, na których następuje zetknięcie klienta z firmą czyli rejestrowanie zamówień, prowadzenie baz danych, konfigurowanie ofert czy zarządzanie sprzedażą,
- analityczny CRM – obejmuje grupę aplikacji współpracujących z hurtownią danych, które analizują informacje pochodzące z różnych działów firmy, np.: analiza zakupów, ranking klientów, segmentacja, analiza opłacalności itp.,
- komunikacyjny CRM – obejmuje rozwiązania umożliwiające kontakt z klientem: rozmowy bezpośrednie, rozmowy telefoniczne, faksy, e-maile, Internet.

Od oprogramowania CRM można oczekiwać usprawnienia w następujących obszarach działalności [4]:

- organizacja bazy klientów – rejestracja istotnych z punktu widzenia firmy danych dotyczących klienta: struktura organizacyjna, warunki handlowe, status itp.,
- zarządzanie kontraktami – rejestracja i wymiana danych dotyczących kontaktów z klientami pochodzących od przedstawicieli handlowych, dystrybucji czy serwisu,
- zarządzane kontem klienta – prowadzenie historii zakupów, dostaw, płatności, interwencji serwisowych,
- portfolio – centralna dystrybucja wśród użytkowników systemu aktualnych cenników, katalogów, dokumentacji technicznej czy specyfikacji produktowych,
- zarządzanie kampaniami – budowa list adresowych na potrzeby telemarketingu, analizy skuteczności i kosztów kampanii,
- synchronizacja danych – możliwość efektywnej współpracy lokalnych i terenowych użytkowników oraz dostęp do danych on-line,
- analizy – statystyki i zestawienia dotyczące aktywności na poziomie produktu, regionu, klienta,
- integracja z innymi systemami – możliwość importu i eksportu danych, komunikacji z innymi systemami wspomagającymi zarządzanie.

Implementacja systemu informatycznego CRM może prowadzić do oszczędności czasu pracowników poprzez szybką wymianę informacji pomiędzy działami i pracownikami. Podstawową wersję systemu CRM YetiForce pobiera się z oficjalnej strony producenta w wersji 2.2.0. Licencja jest oparta na licencji GNU, co zapewnia otwarty kod z dowolną modyfikacją przy jednoczesnym pozostawieniu informacji o autorze. Kreator instalacyjny informuje użytkownika o aktualnej konfiguracji serwera WWW oraz o wymaganiach systemu CRM, jeżeli aktualna konfiguracja nie spełnia wymogów.



Rys. 1. Wymogi serwerowe dla systemu YetiForce (opracowanie własne)

Podstawowa wersja YetiForce zawiera 40 modułów, które możemy modyfikować dzięki licencji GNU. Możliwe jest także tworzenie nowych modułów dostosowanych do potrzeb firmy, w której przeprowadzane jest wdrożenie.

Standardowa licencja systemu Yetiforce posiada następujące wbudowane moduły:

- Firmy i Kontakty- Kontakty, Dostawcy, Kontrahenci.
- Sprzedaż – Kampanie , Szanse sprzedaży, Zapytania ofertowe, Kalkulacje, Oferety, Zamówienia od klienta, Zamówienia do dostawców, Cennik.
- Projekty- Projekty, Etapy projektów, Zadania Projektów.
- Wsparcie – Zgłoszenia, Umowy, Instrukcje.
- Księgowość – Księgowość , Faktury, Wypłaty, Wpłaty.
- Kadry- Pracownicy, Czas Pracy, Roczny wymiar urlopu.
- Sekretariat- Listy przychodzące, Listy wychodzące, Rezerwacje.
- Praca grupowa- Pomysły.

Proponowana nowa funkcjonalność w systemie CRM w postaci modułu wspomagającego administrację bezpieczeństwa informacji, została umieszczona odpowiednio w nowym folderze odpowiedzialnym za usystematyzowanie elementów systemu. Do budowy modułu wykorzystano istniejącą klasę CRMEntity oraz funkcję takie jak import/export plików które występują w podstawowych modułach. Wykorzystanie wbudowanej klasy CRMEntity zaoszczędziło pisanie zbędnego kodu ograniczając się do najpotrzebniejszych funkcji i oparciu się o stworzoną tabelę nowego modułu w bazie danych zgodnie z architekturą MVC.

### 3. NOWE ROZWIĄZANIE W PROGRAMIE CRM YETIFORCE

Zaproponowano, zgodnie z potrzebami przedsiębiorstwa produkcyjnego, moduł wspomagający administrację bezpieczeństwa informacji (ABI), który jest bazą informacji na temat incydentów, pomieszczeń czy osób z upoważnieniami w przedsiębiorstwie. Informacje zawarte w modułach służą administratorowi bezpieczeństwem informacji oraz są podstawą tworzenia raportów dla administratora danych. Systematyczność w zapisywaniu informacji może posłużyć do stworzenia i aktualizacji dokumentów opisujących organizację i środki techniczne wykorzystane do zapewnienia bezpieczeństwa przy przetwarzaniu danych osobowych.

Plik został zbudowany w oparciu o FIG Standards (PHP Framework Interoperability Group). Standaryzacja miała na celu ujednoczenie tworzenia nowych elementów do systemu YetiForce i miała działanie globalne. Wymogiem według standardu jest rozpoczynanie się pliku tagiem `<?php` lecz bez tagu zamykającego plik `?>`. Pliki PHP muszą używać znaku nowego wiersza (Unix LF), kodowania UTF 8 bez BOM. Wymogiem jest także, aby plik spełniał tylko jedną rolę [1], [2], [3].

```
<?php
namespace Vendor\Package;

use FooInterface;
use BarClass as Bar;
use OtherVendor\OtherPackage\BazClass;

class Foo extends Bar implements FooInterface
{
    public function sampleFunction($a, $b = null)
    {
        if ($a === $b) {
            bar();
        } elseif ($a > $b) {
            $foo->bar($arg1);
        } else {
            BazClass::bar($arg2, $arg3);
        }
    }

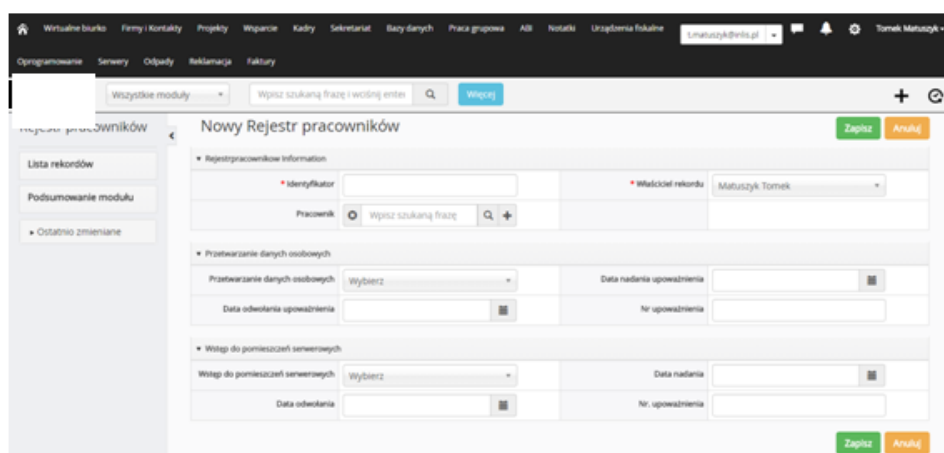
    final public static function bar()
    {
        // method body
    }
}
```

Rys. 2. Przykład pliku php ze standardem FIG  
(źródło: <https://yetiforce.com/pl/dokumentacja-programisty/standardy.html>)

W ramach rozwiązania ABI zbudowano następujące moduły:

- **Rejestr pracowników**

Rejestr pracowników jest modulem zawierającym dane o uprawnieniach pracowników oraz ich identyfikator. Moduł zawiera uprawnienia do przetwarzania danych osobowych z datami jego obowiązywania oraz numer upoważnienia. Drugim upoważnieniem jest wstęp do pomieszczeń z datami obowiązywania i numerem upoważnienia.



Rys. 3. Moduł -Rejestr pracowników jako rozszerzenie funkcjonalności YetiForce (opracowanie własne)

- **Rejestr problemów**

Rejestr problemów to moduł zawierający informacje dotyczące problemów, incydentów pojawiających się przy przetwarzaniu danych osobowych np. złamaniem haseł do komputera, źle nadane uprawnienia dla pracowników korzystających z komputerów mających dostęp do danych osobowych.

Rys. 4. Moduł -Rejestr problemów jako rozszerzenie funkcjonalności YetiForce (opracowanie własne)

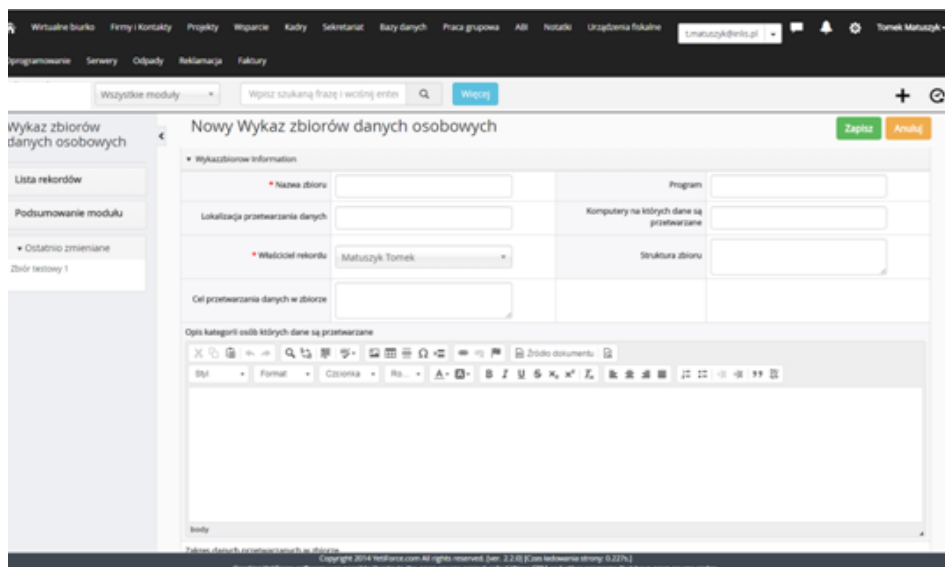
Pola w module przechowują informację o źródle zgłoszenia, datach rozpoczęcia i zakończenia problemu, przydzielonym techniku do usunięcia problemu, czynnościach zapobiegawczych oraz ocenę skuteczności rozwiązania problemu.

- **Wykaz pomieszczeń nadzorowanych**

Jest to zbiór pomieszczeń, które są objęte nadzorem przez administratora i są dopuszczone do przetwarzania danych osobowych. W takich pomieszczeniach bez pozwolenia lub bez osoby upoważnionej do przetwarzania danych osobowych wstęp jest zabroniony. Przechowuje informację na temat lokalizacji pomieszczenia oraz jego identyfikator.

- **Wykaz zbiorów danych osobowych**

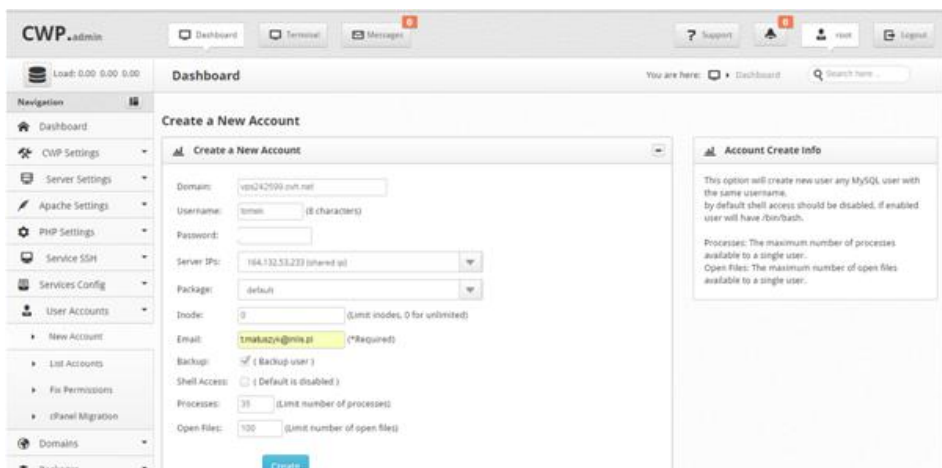
Wykaz zbiorów danych osobowych – moduł odpowiedzialny za przechowywanie informacji o zbiorach danych osobowych przetwarzanych na określonym komputerze, w danym programie, celu przetwarzania danych w zbiorze oraz o jego strukturze. Znajdują się także szczegółowe dane na temat zbioru tj. opis kategorii osób których dane są przetwarzane, zakres danych, czy będą udostępniane, w jakim celu i komu.



Rys. 5. Moduł -Wykaz zbiorów danych osobowych jako rozszerzenie funkcjonalności YetiForce (opracowanie własne)

Przed implementacją wykonanych nowych modułów w systemie CRM YetiForce, przeprowadzono testy weryfikujące rozwiązanie. Pojawiły się błędy, które zostały jednak spowodowane złym przygotowaniem danych importowanych do modułów. Dane były przygotowane w plikach CSV, każda kolumna była oddzielona średnikami, niestety w spreparowanych danych były nadprogramowe średniki, które spowodowały błędną interpretację lidera plików w systemie CRM YetiForce. Skutkiem było rozproszenie danych lub ich duplikacja na dwa wiersze w tabeli. Jednak błędy tego typu stanowiły około 10 % wszystkich danych i zostały poprawione ręcznie przez pracownika biurowego. Następnie dokonano implementacji całego systemu YetiForce wraz z nowymi modułami w firmie produkcyjnej.

Oprogramowaniem bazowym dla serwera wymaganym przez system CRM jest jedna z dystrybucji linuxa (Mint,CentOS, Debian, Ubuntu), Apache 2.4 , MySQL 5.6, PHP 5.6. Wszystkie te elementy zostają zapewnione poprzez zainstalowanie Web Panelu, każdy ma możliwość podniesienia do nowszych wersji. Przed konfiguracją pliku php.ini gdzie należy ustawić wymagane parametry przez System CRM jest utworzenie konta użytkownika, dzięki niemu mamy dostęp do konta FTP oraz do folderu public\_html.



Rys. 6. Tworzenie nowego użytkownika w systemie YetiForce (opracowanie własne)

Plikiem, który pozwala zdefiniować ustawienia PHP na całym serwerze lub w danym katalogu do którego domena jest przydzielona. Przechowywanie ustawień konfiguracyjnych w pliku jest bardzo dobrym rozwiązaniem ponieważ niesie za sobą możliwości zdefiniowania ustawień PHP tylko dla wybranej domeny, niezasmiecanie pamięci stałymi oraz możliwości grupowania danych w sekcje.

Lokalizację pliku głównego `php.ini` odpowiedzialnego za konfigurację PHP na całym serwerze można sprawdzić umieszczając w katalogu `public_html` plik PHP z funkcją `phpinfo()`. Dzięki tej funkcji możemy uzyskać informacje o środowisku pracy serwera.

Informację można uzyskać także w panelu administracyjnym z menu głównego wybierając `PHP Settings` a następnie `PHP Info`. Podstawową lokalizacją pliku `php.ini` jest `/usr/local/php`.

The screenshot shows the CWP admin interface. At the top, there are navigation tabs for Dashboard, Terminal, Messages, Support, and Logout. The main content area is titled 'Dashboard' and 'PHP Info'. It displays the PHP version as 5.6.14 and provides a detailed configuration table.

PHP Version 5.6.14	
System	Linux vps194029.ovh.net 2.6.32-573.7.1.el6.x86_64 SMP Tue Sep 22 22:00:00 UTC 2015 x86_64
Build Date	Feb 21 2016 16:20:13
Configure Command	./configure '--with-zlib' '--enable-sockets' '--enable-xml' '--with-config-file-path=/usr/local/php' '--with-config-file-scandir=/usr/local/php/php.d' '--enable-pear' '--enable-bcmath' '--enable-calendar' '--with-curl' '--with-iconv' '--with-mysqli' '--with-mysql' '--with-mysqli=mysqlnd' '--with-mysql=mysqlnd' '--with-mcrypt' '--with-gettext' '--with-openssl' '--with-pdo-mysqli=mysqlnd' '--enable-posix' '--enable-ftp' '--with-openssl' '--enable-sockets' '--with-kerberos' '--with-ssl' '--with-bz2' '--enable-sockets' '--enable-asp' '--with-gd' '--with-pcre-regex' '--with-libxml' '--with-mysql-sock=/var/lib/mysql/mysql.sock' '--with-imap' '--with-imap-ssl'
Server API	CGI/FastCGI
Virtual Directory Support	disabled
Configuration File (php.ini) Path	/usr/local/php
Loaded Configuration File	/usr/local/php/php.ini
Scan this dir for additional .ini files	/usr/local/php/php.d
Additional .ini files parsed	(none)
PHP API	20131105

Rys. 7. Sprawdzenie konfiguracji serwera dla systemu YetiForce (opracowanie własne)

Podstawowa wersja systemu CRM YetiForce została pobrana z oficjalnej strony producenta w wersji 2.2.0, zawartość pliku zip należy rozpakować i umieścić pliki w katalogu `public_html` znajdującym się na serwerze, pliki można wgrać na serwer za pomocą programu Filezilla lub rozpakować bezpośrednio na serwerze za pomocą skryptu umieszczonego w pliku `php` lub z linii komend.

```
<?php
$zip = new ZipArchive();
if ($zip->open("YetiForceCRM-2.2.0.zip") !== TRUE)
{
    die ('Błąd rozpakowywania archiwum.');
```

```
    $zip->close();
}
else
{
    $zip->extractTo("nowykatalog/");
    $zip->close();
    echo ('Pliki rozpakowane poprawnie.');
```

```
}
```

```
?>
```

Rys. 8. Plik `php` rozpakowujący pliki `zip` (opracowanie własne)

Po prawidłowym wypełnieniu danych konfiguracyjnych można zakończyć implementację podstawowej wersji systemu CRM YetiForce oraz rozpocząć prace nad wdrożeniem



nowego, zaprojektowanego i zbudowanego modułu wspomagającego administrację bezpieczeństwa informacji (ABI).

Rys. 9. Instalacja systemu i połączenie z bazą danych (opracowanie własne)

Zastosowanie systemu CRM zbudowanego odpowiednio do potrzeb firmy pomaga w zdobyciu i utrzymaniu klientów, zmniejszeniu kosztów administracyjnych czynności handlowych i budowaniu kompleksowej bazy danych o klientach. Dzięki systemowi wspomagającemu zarządzanie relacjami z klientem możliwa jest dokładna analiza potrzeb konkretnych klientów w oparciu o ich przyzwyczajenia oraz preferowane rodzaje kontaktów.

#### 4. POSUMOWANIE

W artykule zaprezentowano możliwości rozbudowy i dopasowania do potrzeb firmy rozwiązania informatycznego CRM na przykładzie CRM YetiForce. Dostępne rozwiązanie rozszerzono o moduł wspomagający administrację bezpieczeństwa informacji (ABI). Wdrożenie oprogramowania CRM usprawniło pracę firmy m.in. w aspekcie rejestracji i wymiany danych dotyczących kontaktów z klientami, prowadzenia historii zakupów, dostaw, płatności, interwencji serwisowych oraz w aspekcie wykonywania analiz dotyczących wykonywanych aktywności pracowników i klientów.

#### LITERATURA

- [1] Dokumentacja FIG <https://github.com/php-fig/fig-standards> Ostatni dostęp: 20.03.2016
- [2] Dokumentacja vTiger <https://community.vtiger.com/help/> Ostatni dostęp: 05.01.2016

- 
- [3] Dokumentacja YetiForce <https://yetiforce.com/pl/dokumentacja.html> Ostatni dostęp: 20.03.2016
  - [4] **J. Dyche**, *CRM – relacje z klientami*, Wyd. Helion Gliwice 2002.
  - [5] **Grudzewski W. M., I.K. Hejduk**, *Metody projektowania systemów zarządzania*, Wyd. Difin Warszawa 2004.
  - [6] **Z.J. Klonowski**, *Systemy informatyczne zarządzania przedsiębiorstwem – Modele rozwoju i właściwości funkcjonalne*, Oficyna wydawnicza Politechniki Wrocławskiej Wrocław 2004.
  - [7] **Lotko A.**, *Zarządzanie relacjami z klientem: strategie i systemy*, Wydawnictwo Politechnika Radomska, Radom 2003 s.56-57.



# WDRAŻANIE 5S NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO PRZEDSIĘBIORSTWA PRODUKCYJNEGO

## 1. WPROWADZENIE

Współczesny przemysł stawia mocno na wykorzystanie nowych technologii, tym samym wymaga pełnego wykorzystania posiadanego potencjału. Co jednak w przypadku, gdy pomimo technologii, produkcja nie przebiega we właściwy sposób. Bardzo często problem znajduje się w niewłaściwym zarządzaniu, które objawia się trwaniem w prowadzeniu produkcji w sposób masowy. Przy obecnie stale rosnących kosztach pracy i materiałów, poprawa efektywności procesów przy zachowaniu jakości produkowanych wyrobów jest jedyną szansą na utrzymanie przewagi konkurencyjnej. Efekty te można osiągnąć poprzez zastosowanie narzędzi stosowanych w organizacjach typu Lean. Poniższy artykuł skupia się na zaprezentowaniu jednego z narzędzi filozofii Lean – metody 5S, etapów wdrożenia jej i efektów jakie dzięki niej osiągnięto w badanym przedsiębiorstwie.

## 2. METODA 5S - NARZEDZIE LEAN PRODUCTION

Metoda 5S jest jednym z najważniejszych narzędzi Lean Production. [4] Zwrot Lean został zaczerpnięty z pojęć opisujących fizjonomiczne cechy człowieka. Lean w tym kontekście oznacza *smukły*. W kontekście procesów i zarządzania jakością oznacza *wyszczuplenie, odchudzenie* systemu zarządzania oraz produkcji. Proces ten przeprowadzany jest za pomocą specjalnie opracowanych reguł postępowania, które uwzględniają ilości potrzebnych zasobów materiałowych, poziomu posiadanych zapasów wyrobów gotowych, produkcji w toku i wykorzystywanej przestrzeni hal produkcyjnych [1, 4]. Pojęcie Lean Production zostało wymyślone i opisane przez Jamesa P. Womacka, Daniela T. Jomesa i Daniela Roosa. Naukowcy ci pracujący w Massachusetts Institute of Technology w Bostonie opublikowali w 1991 roku pracę - „The Machine That Changed the World” (Maszyna, która zmieniła świat). W pracy tej porównali parametry nakładów, jakie ponoszą firmy z Japonii, Stanów Zjednoczonych i Europy. Według ich analiz najlepsze wyniki osiągnęła japońska firma Toyota, a ich Toyota Production System uznali za pierwszy odchudzony system wytwórczy i nazwali go Lean Manufacturing [3, 4, 5, 6].

Według klasycznej koncepcji zaproponowanej przez naukowców z MIT, *szczupła produkcja* polega na zmniejszeniu wszelkich zasobów w porównaniu z produkcją masową. Działania te polegają m. in. na ścisłym przestrzeganiu zasad ergonomii, co prowadzi do

oszczędności czasu, narzędzi, przestrzeni i zasobów oraz znacząco ogranicza występowanie błędów [6]. Według koncepcji Lean proces powinien być tak zaprojektowany aby wszystkie czynności były prowadzone we właściwym miejscu i czasie. [4]

Działania w firmie powinny się opierać na eliminacji tzw. 3M (z japońskiego):

1. Muda – odpadów produkcyjnych, przestojów, zbędnych ruchów i wszelkich rodzajów marnotrawstwa: czasu, zasobów czy też ogólnie działań, które nie stanowią dla klienta wartości,
2. Muri – zbytniego i nierównomiernego obciążenia pracowników, maszyn lub procesów, prowadzących do przemęczenia ludzi, częstych awarii urządzeń i ich przestojów, itp.,
3. Mura – niezgodności i nieregularności działań.

Koncepcja ta zakłada takie zarządzanie przepływem wszystkich zasobów, aby zapewnić regularność, brak przestojów oraz stały przebieg poszczególnych operacji. [4]

Niemożliwe jest stanie się przedsiębiorstwem Lean stosując tylko jedno narzędzie lub metodę. Do najważniejszych narzędzi i metod stosowanych w organizacjach typu Lean w literaturze przedmiotu zalicza się [2, 3, 4]:

1. 5S,
2. Kaizen,
3. Just in Time,
4. Kanban,
5. SMED - Single Minute Exchange or Die,
6. TPM – Total Productive Maintenance – Kompleksowe Utrzymanie Produktywności,
7. VSM – Value Stream Mapping – Mapowanie Strumienia Wartości.

W staraniach o stworzenie organizacji typu Lean metoda 5S często wymieniana jest, jako pierwsze działanie, które musi być podjęte. Metoda ta polega na systematycznym uczeniu się, dyscyplinie, standaryzacji i ciągłym dążeniu do perfekcji. Nazwa pochodzi od pierwszych liter pięciu japońskich słów:

1. Seiri (sortowanie) – działanie to polega na ustaleniu tego, co jest konieczne do sprawnej pracy poprzez posegregowanie materiałów na stanowisku pracy, takich jak narzędzia, instrukcje a następnie pozostawienie tych niezbędnych oraz na usunięciu (przesunięciu, wyrzuceniu) rzeczy niepotrzebnych.
2. Seiton (systematyka) – to wprowadzenie pewnych standardów zachowania objawiające się w działaniach polegających na oznakowaniu części, narzędzi, sprzętów oraz wyznaczeniu dla nich właściwego miejsca tak, aby były zawsze dostępne. Te z przedmiotów, które używane są najczęściej powinny być łatwo dostępne i znajdować się w zasięgu ręki pracownika.
3. Seiso (sprzątanie) – działanie to polega na dbaniu o stanowisko pracy i jego otoczenie. Realizowane jest poprzez układanie, usuwanie brudu, odpadów produkcyjnych oraz czyszczenie.
4. Seiketsu (standaryzacja) – działanie to polega na utrzymaniu trzech wcześniejszych działań czyli bieżące dbanie o utrzymanie porządku, czystości i schludności zarówno na stanowisku pracy, jak i w jego otoczeniu.

5. Shitsuke (samodyscyplina) - nawyk ścisłego przestrzegania odpowiednich procedur. Wewnętrzny głos, który karze nam podejmować konsekwentne działania, by wypełnić jakiś cel nawet, jeśli napotkamy poważne przeciwności.

Działania realizowane w metodzie 5S realizowane są w myśl zasady - *miejsce na wszystko, wszystko na swoim miejscu*. [3] Metoda ta odniesie sukces tylko wówczas, gdy każdy pracownik zostanie przeszkolony z jej zasad, zrozumie konieczność zastosowania zmian i je faktycznie wdroży.

### 3. STUDIUM PRZYPADKU

Badane przedsiębiorstwo działa w branży obróbki metali. Zakład jest firmą rodzinną, która funkcjonuje od 1991 roku. Zatrudnia obecnie 16 osób. Wykonuje zlecenia dla klientów z Polski i Niemiec. Od kilku lat przedsiębiorstwo boryka się z problemami związanymi z ilością realizowanych zleceń. Z informacji od właścicieli wynika, że z jakością wykonywanych produktów zawsze był problem jednak nie stanowiło to dużego obciążenia dla firmy gdyż koszty pracy w Polsce były niskie więc przedsiębiorstwo było stać na wykonanie poprawek. Ta sytuacja uległa zmianie. Struktura przedsiębiorstwa od jego założenia praktycznie nie zmieniła się. Brakuje ustalonych działów i odpowiedzialności. Zakład zarządzany jest przez członków rodziny, co powoduje zamęt kompetencyjny i organizacyjny. Dodatkowym problemem jest brak krytycyzmu wobec działań zarządzających i rozmycie odpowiedzialności. W zakładzie często dochodzi do wypadków w pracy: skaleczenia, zwichnięcia, upadki i potknięcia, które często prowadzą do złamania kończyn. Sytuacja ta ma negatywny wpływ na płynność produkcji oraz morale w zakładzie. Zlecający wykonanie prac przedsiębiorstwu upominają się o certyfikaty, akredytacje i systemy jakościowe posiadane i wdrożone przez przedsiębiorstwo. Jak się okazało zakład nie posiada żadnych sformalizowanych procedur w zakresie produkcji i zarządzania.

Zarządzający przedsiębiorstwem zdali sobie sprawę, że jeśli sytuacja nie ulegnie zmianie w dalszej perspektywie będą musieli zredukować zatrudnienie. Wyrazili swoją gotowość do podjęcia stosownych kroków, które wpłyną na poprawę funkcjonowania przedsiębiorstwa. Podjęli decyzję o wprowadzeniu sformalizowanego systemu zarządzania jakością.

Analizując sytuację, w jakiej znajduje się przedsiębiorstwo zaproponowano jako pierwszy etap zmian wdrożenie metody 5S.

### 4. ETAPY WDROŻENIA 5S

W celu rozwiązania problemów związanych zapewnieniem właściwej organizacji pracy oraz podniesieniu stabilności procesu, z którymi boryka się przedsiębiorstwo produkcyjne wdrożono jedno z narzędzi wywodzące się z filozofii Lean Manufacturing i Lean

Management – metodę 5S. Kroki, jakie podjęto w ramach zasad 5S opisano w podrozdziałach 4.1-4.5.

#### 4.1. 1.S – Sortowanie (jap. seiri)

Wykonywanie pracy na stanowisku brudnym, zatłoczonym i niezorganizowanym wpływa negatywnie na wydajność pracy maszyn i urządzeń, jakość produktów, a także zagraża bezpieczeństwu pracowników. W związku z powyższym dokonano selekcji na funkcjonujących w przedsiębiorstwie stanowiskach pracy, wybrano elementy potrzebne oraz te niezbędne do wykonywania zadań. Zgromadzone niepotrzebne narzędzia powodowały tworzenie zapasów, co skutkowało marnotrawstwem miejsca. Następnie, w celu wyeliminowania bezwartościowych narzędzi znajdujących się bezpośrednio przy stanowisku pracy wdrożono system „kart 5S”. Polega on na zidentyfikowaniu zbędnych narzędzi oraz przyrządów, a następnie ich oznaczeniu poprzez użycie wypełnionej karty (rys. 1).

Karta nr  5S

Nazwa firmy

Opis:

Lokalizacja:

Data i podpis:

Rys. 1. Karta 5S przeznaczona do oznaczania zbędnych narzędzi oraz przedmiotów na stanowisku pracy

Osoba, która zidentyfikowała na stanowisku pracy element zbędny wprowadza jego numer na karcie i przekazuje do miejsca specjalnego składowania. Dalej, pracownik magazynu wprowadza dane z karty do bazy danych. Kolejno, dokonuje selekcji poprzez określenie przeznaczenia narzędzia do możliwości ponownego wykorzystania, złomowania, itp., a następnie wypełnia przygotowaną do tego kartę postępowania, którą obra-

zuje rysunek 2. Natomiast schemat funkcjonowania kart 5 S przedstawiono na rysunku 3.

Karta postępowania nr...../.....r.									
Nr karty 5S	Przedmiot postępowania	Propozycja działania	Lokalizacja przedmiotu	Data	Podpis	Zastosowane działanie	Stan aktualny	Data	Podpis
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Rys. 2. Karta wykorzystania zbędnego narzędzia

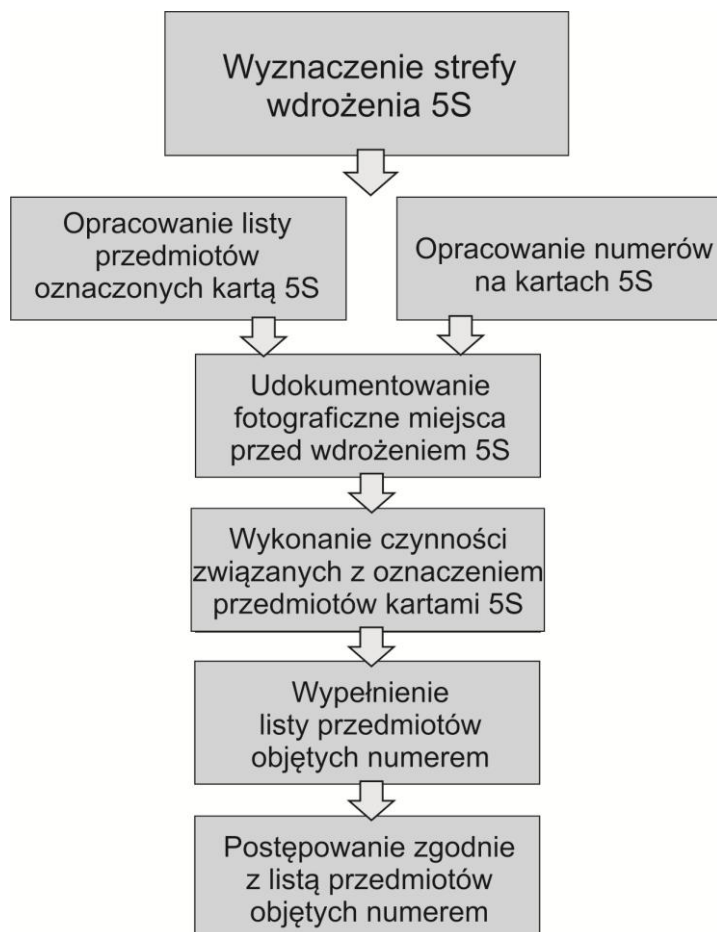
Dzięki wprowadzeniu selekcji zapewniono liczne korzyści:

1. wyeliminowano niepotrzebne zapasy narzędziowe,
2. utworzono wolną przestrzeń w obrębie stanowiska pracy,
3. wyeliminowano narzędzia zużyte i uszkodzonych, które w niekorzystny sposób mogły wpływać na jakość produkowanych elementów,
4. zwiększono przestrzeń roboczą zapewniając swobodniejsze poruszanie się pracownikowi.

Warto zwrócić uwagę, iż w ramach tego działania napotkano następujące problemy:

1. brak zrozumienia ze strony pracowników dla istoty metody 5-S i konieczności jej wprowadzenia,
2. trudności z określeniem i oznaczeniem rzeczy potrzebnych i niepotrzebnych,
3. negatywne nastawienie pracowników.





Rys. 3. Schemat funkcjonowania karty

#### 4.2. 2.S – Systematyka (jap. seiton)

Organizacja oraz opracowanie rozmieszczenia sprzętu na uporządkowanym stanowisku pracy było drugim krokiem wdrażania metody 5S. Na tym etapie ważne jest zorganizowanie przestrzeni pracy w taki sposób, aby zadania były wykonywane z możliwością swobodnego poboru narzędzi oraz bez zbędnych ruchów roboczych. Zatem istotne jest maksymalne dopasowanie stanowiska pracy do czynności związanych z jej wykonywaniem. W związku z tym działaniem wydzielono strefy (różnokolorowe) składające się z blatu roboczego oraz z szafek, dzięki temu ułatwiono pracownikom wizualne zapamiętanie stanowiska pracy. Zmian dokonano m.in.: w strefie materiałów czekających na obróbkę, strefie pomiarowej oraz strefie roboczej. W przestrzeni wydzielonej w taki

sposób bardzo ważne zadanie odgrywa rozmieszczenie narzędzi, w taki sposób, aby były one dostępne w sposób swobodny i zgodny z kolejnością ich użytkowania. Kolejnym krokiem było wprowadzenie oznaczeń. W ramach tego działania wykonano dokładne opisy narzędzi, przyrządów, szafek oraz miejsca w których się znajdowały (specjalistyczne opakowania, szuflady, itp.). Dodatkowo, aby ułatwić pracownikowi pobieranie narzędzi i orientację w przestrzeni szafki wykonano schemat wyposażenia szuflady, który jest zgodny z oznaczeniami oraz zamieszczenie mapy narzędziowej na tablicy informacyjnej, która znajduje się przy stanowisku roboczym.

Dzięki takiemu rozwiązaniu zorganizowano i ułatwiono pracownikowi sposób poruszania się po stanowisku pracy. Wskazano miejsce pobierania oraz odkładania narzędzia.

W ramach działania 2.S stworzono także miejsce składowania środków czystości z wykorzystaniem tablicy cieni, gdzie umiejscowiono podstawowe akcesoria oraz płyny czyszczące. Zaletą takiego rozwiązania jest sprawne działanie pracownika w przypadku np.: wycieku oleju z maszyny, a także organizacja, dzięki której pracownik nie będzie musiał tracić czasu na przejście do innej części zakładu by pobrać środki czystości.

Dzięki wprowadzeniu systematyki zapewniono liczne korzyści m.in.:

1. zaoszczędzono czas związany z przejściem pracownika po środki czystości do innej części zakładu,
2. ograniczono ruchy tułowia (skłonów pracownika) po przyrządy - pracownik wykonuje tylko niezbędne ruchy,
3. wprowadzono właściwy rytmu pracy - pracownik, który posiada odpowiednio zorganizowane oraz dobrze wyposażone stanowisko pracuje wydajniej.

#### **4.3. 3.S – Sprzątanie (jap. seiso)**

Tylko właściwie przystosowane i uporządkowane stanowisko pracy może w pełni gotowe do użycia. Jego sprawność osiągnąca jest poprzez m.in.: właściwe utrzymanie w czystości narzędzi oraz przyrządów. Zabrudzona i zaniedbana aparatura nie jest w stanie zapewnić podstawowych funkcji, a jednocześnie stwarza niebezpieczeństwo i wpływa negatywnie na jakość pracy, pomiarów, a tym samym na jakość produktu.

Podczas wdrażania 5S częściowo połączono etapy 2.S z 3.S. Wówczas, w trakcie organizowania przestrzeni roboczej wyczyszczono i zakonserwowano narzędzia oraz przyrządy. Natomiast do działań związanych z zakresem 3.S wprowadzono wymóg oparty na cyklicznym sprzątaniu całościowego obszaru roboczego (maszyny, narzędzi, itp.), dzięki temu stanowisko pracy utrzymane będzie w pełnej gotowości. Ponadto, dla wszelkich czynności wykonywanych w tym obszarze wyznaczono terminy. Następnie, wykonano i wdrożono listę kontrolną - check list, w której te informacje zostały zamieszczone. Sporządzoną listę zamieszczono w widocznym i łatwym w dostępie miejscu znajdującym się przy stanowisku pracy. Na koniec każdej zmiany roboczej pracownik zobowiązany jest w wyznaczonym miejscu złożyć podpis, celem potwierdzenia wykonanych działań. Pracownik kolejnej zmiany odbiera stanowisko pracy, następnie również składa podpis na liście kontrolnej.

Dzięki tym działaniom uzyskano następujące korzyści:

1. uzyskano mniejszą liczbę awarii maszyn,
2. utrzymano czystość stanowiska pracy oraz sprawność narzędzi i przyrządów,

3. wzbudzenie poczucia odpowiedzialności pracownika za działania związane z obszarem roboczym,
4. pozytywne nastawienie pracownika związane z czystym otoczeniem miejsca jego pracy.

Czasochłonność związana z czyszczeniem stanowiska roboczego oraz jego otoczenia to jedyny aspekt negatywny dla tego działania. Oddelegowanie pracownika do prac związanych z tymi działaniami, spowodowało nieznaczną utratę wydajności produkcyjnej przedsiębiorstwa.

#### **4.4. 4.S – Standaryzacja (jap. seiketsu)**

Standaryzacja skupia na sobie działania składające się na utrzymanie wysokiego poziom zmian wprowadzonych w etapach 1.S-3.S. W związku, z tym wyznaczono pracownika, który został odpowiedzialny za utrzymywanie oraz kontrolowanie składowych systemu. Dalej, pracownikowi zostały powierzone działania z zakresu sporządzenia harmonogramów miesięcznych, opracowanie czytelnych instrukcji na każde stanowisko oraz koordynowanie list kontrolnych (wpisów pracowników – szczególnie w początkowej fazie zmian). Dodatkowo na liście kontrolnej zamieszczono szereg pytań, celem uzyskania swego rodzaju raportu, skierowanego do kierownictwa. Wyznaczony pracownik będzie opisywał m.in.:

1. jak przebiega sposób komunikowania się pomiędzy pracownikami,
2. realizację zadań wykonanych przez osoby zajmujące się utrzymanie ruchu (cykliczne przeglądy i konserwacji maszyn),
3. wykonanie czynności związane z utrzymanie czystości stanowiska pracy,
4. wykonanie czynności związane z utrzymaniem narzędzi oraz przyrządów,
5. itp.

Korzyści wynikające z tego rozwiązania:

1. gwarancja utrzymania wdrożonego systemu,
2. wzbudzenie poczucie odpowiedzialności pracownika za wykonanie powierzonych mu zadań,
3. utrzymanie w czynności stanowiska pracy podczas trwania wszystkich zmian roboczych.

#### **4.5. 5.S – Samodyscyplina (jap. shitsuke)**

Najważniejszym elementem składającym się na wdrożenie 5S jest samodyscyplina pracownika. Utrzymanie na wysokim poziomie powyżej opisanych etapów (selekcja, systematyka, samodyscyplina, standaryzacja) oraz ich doskonalenie zależne jest od personelu. W celu mobilizacji, pobudzenia do aktywności oraz uzyskania większego zaangażowania u pracowników, wprowadzono okresowe – miesięczne premie, a ich wysokość uzależniono od zachowania odpowiedniej czystości stanowiska pracy oraz od stosowania się do zasad 5S wdrożonych i funkcjonujących w organizacji.

## 5. POSUMOWANIE

Dzięki wdrożeniu metody 5S przestrzeń przedsiębiorstwa zmieniła się nie tylko wizualnie, zysaliśmy też większe zaangażowanie pracowników i dodatkowo zmienił się wizerunek firmy w oczach klienta. Koszt zmian był niewielki w stosunku do korzyści. Sukces ten stanowi wynik działań szeregowych pracowników i najwyższego kierownictwa.

Decydując się na takie zmiany najważniejszą rzeczą była poprawa jakości, bezpieczeństwa i rentowności. Oprócz procesu wdrażania i utrzymywania metody 5S ważną również była jej promocja i uświadomienie pracownikom korzyści wynikających z jej wdrożenia. W tym celu przeprowadziliśmy szkolenia i prezentacje. Najdokładniej dostosowane stanowiska i wszystkie procesy służące utrzymaniu systemu sprzyjają poprawie wielu aspektów działania firmy. Najważniejsze korzyści, jakie osiągnięto z wprowadzenia metody 5S to zdecydowana poprawa bezpieczeństwa pracy oraz efektywność procesu produkcji odzwierciedlająca się również we wzrastającym poziomie jakości produkowanych wyrobów i części. Odpowiednio przechowywane narzędzia dłużej zachowują właściwości użytkowe, co wpływa pozytywnie na późniejszą jakość produktu. Czyste narzędzia są pewnie chwywane przez operatora, dzięki czemu nie wyslizgują się z jego dłoni. Pracownik nie może potrącić przypadkowo pozostawionego przedmiotu w trakcie procesu, ponieważ zgodnie z zasadami wszystko ma swoje miejsce, a po użyciu jest tam odkładane. Przestrzeń pracy zapewnia pracownikowi swobodę ruchu dzięki wyeliminowaniu zbędnych rzeczy. Regularne kontrole z użyciem list kontrolnych pozwalają wychwycić np. usterki maszyn, które mogą negatywnie wpływać na jakość produktu albo mogą być przyczyną zatrzymania procesu produkcji. Eliminacja marnotrawstwa czasu zapewnia pracownikowi stały rytm i kontrolę przebiegu pracy oraz możliwość maksymalnego skoncentrowania się na zadaniu, co przekłada się na dokładne wykonywanie czynności i wzmożoną uwagę zapewniającą bezpieczeństwo pracy.

Zaprezentowane rozważania na temat wdrażania metody 5S jednoznacznie wskazują na korzyści wynikające ze stosowania tego podejścia. Wdrożona przez przedsiębiorstwo metoda 5S została wprowadzona dla całej jednostki. Jednak elastyczność tych zasad, które są fundamentami tej metody można rozwijać, uszczegóławiać i specyfikować do danego stanowiska pracy, np. do działu utrzymania ruchu. [2]

Wartym podkreślenia jest fakt świadomości kierownictwa z konieczności wprowadzenia zmian i wdrożenia tego systemu. Od stopnia ich zaangażowania zależał sukces wprowadzanych zasad. Ich duże zaangażowanie oddziaływało pozytywnie na pracowników, co przyczyniło się do ostatecznego wdrożenia zasad 5S. Jednak pełny sukces zależy będzie od konsekwencji, która zmierzona jest latami. Obecny sukcesem przedsiębiorstwa jest określenie kierunku, w którym przedsiębiorstwo ma zmierzać. Przedsiębiorstwo określiło swój kamień milowy, którym jest wdrożenie ISO 9001: 2008. Zanim to jednak nastąpi ma do wykonania szereg innych, drobniejszych i mniej kosztownych działań takich jak wdrożona z sukcesem metoda 5S.

## 7. LITERATURA

- [1] **Czerska J.**, *Pozwól płynąć swojemu produktowi. Tworzenie ciągłego przepływu*, Placet, Warszawa 2012.
- [2] **Legutko S.**, *Trendy rozwoju utrzymania ruchu urządzeń i maszyn*, Eksploatacja i Niezawodność, Polskie Naukowo – Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne, nr 2, 2009.
- [3] **Shimokawa K.**, *Lean management – narodziny systemu zarządzania*, Lean Enterprise Institute, Warszawa 2011.
- [4] **Wolniak R.**, *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2013.
- [5] **Womack J.P., Jones D.T., Roos D.**, *Lean thinking - szczupłe myślenie*, Prod-Press.com, Wrocław 2008.
- [6] **Womack J.P., Jones D.T., Roos D.**, *Maszyna, która zmieniła świat*, Prod-Press.com, Wrocław 2008.

# **OCENA SKUTECZNOŚCI I EFEKTYWNOŚCI METOD ORAZ TECHNIK ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ**

## **WPROWADZENIE**

Jakość produktów stanowi kluczowe kryterium wpływające na sukces przedsiębiorstwa. Zarządzanie jakością stosowane jest dla poprawy efektywności oraz doskonalenia przedsiębiorstw. Trwałe i ciągle doskonalenie jakości osiągnięte jest poprzez kierowanie wysiłków na planowanie oraz zapobieganie problemom pojawiającym się u źródła. Doskonalenie i poprawa jakości wymaga nie tylko znajomości oczekiwań klienta, ale także zbierania danych z procesów.

Badane przedsiębiorstwo, zaliczane do branży elektrotechnicznej, jest znanym producentem przekładników. Wszystkie procesy przebiegające w przedsiębiorstwie podlegają monitorowaniu i mierzeniu, a także są poddawane analizie, celem wprowadzenia ewentualnych usprawnień, do których zalicza się różnego rodzaju metody i techniki zarządzania jakością, służące osiągnięciu zamierzonych celów. Skuteczność narzędzi pro jakościowych gwarantuje współpraca z klientem oraz działania zespołowe podczas rozwiązywania problemów. Istotne jest również identyfikowanie źródeł występujących problemów związanych ze złą jakością wyrobów za pomocą narzędzi wspomagających zarządzanie jakością.

Jakość jest pojęciem, które towarzyszy ludzkości od czasów starożytnych. Trudno jest zdefiniować to pojęcie, ponieważ ma złożony charakter oraz niejednoznaczną interpretację. Aktualnie w opracowaniach naukowych definicję jakości, przedstawia się w różnych aspektach, tabela 1.:

- filozoficznym,
- technicznym,
- ekonomicznym,
- prawnym,
- socjologicznym,
- psychologicznym.

Jakość jest pojęciem, które nie jest jednoznacznie definiowane, bardzo często zależy od kontekstu, w którym zostało użyte. W tabeli 2. przedstawione zostały różne interpretacje pojęcia jakości.

Tabela 1. Aspekty rozpatrywania jakości [9].

ASPEKT ROZPATRYWANIA JAKOŚCI	ISTOTA JAKOŚCI
filozoficzny	wyodrębnienie z rzeczy i zjawisk elementów, które uznać można za jakościowo jednorodne
prawny	jako przestrzeganie norm jakościowych, ujętych w odpowiednich przepisach
socjologiczny	jako ustosunkowanie się użytkowników do określonych cech wyrobów
humanistyczny	jako kształtowanie warunków życia i pracy sprzyjających wzrostowi poziomu kultury i moralności środowiska ludzkiego
techniczny	jako zrozumienie preferowania określonych właściwości jakościowych nadawanych przedmiotom, w celu wykazania optymalnej przydatności społecznej i użytkowej spełniającej oczekiwania użytkowników
ekonomiczny	jako uwzględnienie użyteczności społecznej, przydzielonych wyrobom właściwości jakościowych

Tabela 2. Definicje jakości spotkane w literaturze [9].

AUTOR	DEFINICJA
Ansell	Jakość to dawanie klientom tego, czego chcą, kiedy zechcą, po właściwej cenie i bez popełniania błędów.
Arystoteles	Jakość to to co sprawia, że "rzecz jest rzeczą, którą jest", cechy odróżniające daną rzecz od innych rzeczy tego samego rodzaju.
Crosby P.	Jakość to spełnienie wymagań.
Cyceron	Jakość to właściwość przedmiotu.
Deming E.W.	Jakość to przewidywany stopień jednorodności i niezawodności osiągnięty po niskich kosztach i stosownie do wymagań rynkowych.
Descartes	Jakość to tylko subiektywne reakcje naszych zmysłów.

AUTOR	DEFINICJA
Rene	
EOQC	Jakość to stopień spełnienia przez wyrób wymagań odbiorcy, wypadkowa jakość projektu i jakości produkcji.
Juran J.	Jakość to zdatność do użycia lub zastosowania.
Kindlarski E.	Jakość to stopień, w jakim wyrób może spełnić wymagania odbiorcy.
Kolman R.	Jakość to stopień spełnienia zbioru wymagań, których całkowite zaspokojenie oznacza osiągnięcie stanu doskonałości względnej.
Lao Tsu	Jakość to doskonałość, do której trzeba dążyć, lecz nie daje się jej osiągnąć.
Mantura W.	Jakość to niepusty zbiór cech, $J = \{C1, C2, C3, \dots, Cz\}$
Massaki Imai	Jakość to wszystko co można poprawić.
Muhlemann	Jakość to zaspokojenie potrzeb i spełnienie wymagań konsumenta.
Olejniki T. Wieczorek R.	Jakość to właściwość charakteryzująca przydatność wyrobu do sprawnego spełnienia funkcji oczekiwanych ze strony użytkowników.
Platon	Jakość to sąd wartościujący oznaczający stopień doskonałości w stosunku do idei.
PN-EN ISO 9000:2006	Jakość to stopień w jakim zbiór inherentnych właściwości spełnia wymagania.
Taguchi G.	Jakość to strata społeczna jaką może spowodować wyrób po przekazaniu go odbiorcy.

Na podstawie analizy tabeli 2 można zauważyć, że jakość jest interpretowana bardzo różnie. Określona grupa naukowców traktuje jakość jako realnie istniejącą kategorię, którą można opisać lub zmierzyć, inna grupa uznaje, że można mówić tylko o wzroście lub spadku poziomu jakości.

Zarządzanie jakością jest to spełnienie oczekiwań klientów, czyli rosnące zaangażowanie w aspekty dotyczące jakości. System zarządzania jakością stał się nierozdzielalną częścią systemu zarządzania organizacją. Jest wdrażany w przedsiębiorstwie, w celu usprawnienia funkcjonowania wszystkich procesów zachodzących w organizacji oraz minimalizacji ryzyka biznesowego. Zarządzanie jakością obejmuje zarówno klientów, jak i pracowników oraz dostawców. System ten



zgodny z ISO 9001:2015 udostępnia organizacji procesy zapewniające odpowiednie i rozsądne podejście do zarządzania organizacją. Wdrażanie systemów zarządzania jakością staje się coraz bardziej popularną i skuteczną metodą osiągnięcia wymienionych wyżej celów. Na rys.1. przedstawiono etapy „tworzenia” jakości w przedsiębiorstwie.



Różne etapy tworzenia jakości mają różne znaczenie w zależności od rodzaju organizacji i specyfikacji jej wyrobów

Rys. 1. Etapy „tworzenia” jakości [opr. na podstawie 21]

Najpopularniejszym międzynarodowym standardem dotyczącym wymagań odnośnie systemu zarządzania jakością jest norma ISO 9001:2015. Przedstawiono w jej treści wymagania, które mogą być zastosowane przez każdą możliwą organizację, od firm produkcyjnych, przez usługowe i organizacje non profit.

## 2. INSTRUMENTY ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ

### 2.1. Zasady zarządzania jakością

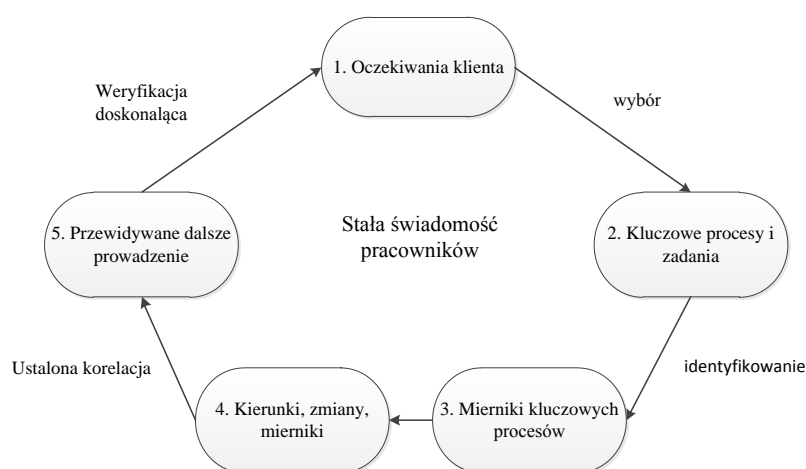
William Edwards Deming był pierwszym amerykańskim specjalistą, który przekazywał japońskim inżynierom i menedżerom wiedzę na temat statystycznej kontroli jakości. Przybył on do Japonii w 1947 roku, gdzie jako statystyk miał pomagać władzom okupacyjnym przy dokonywaniu spisu ludności. Jego osiągnięcia to:

- 14 zasad Deminga (zasady nowej filozofii jakości wprowadzone do organizacji),
- koło Deminga (cykl ciągłego doskonalenia PDCA),
- nagroda imienia Deminga (powołana przez Japończyków dla uhonorowania Deminga. Była to pierwsza nagroda pro jakościowa na świecie).

Jednym z podstawowych założeń systemu zarządzania jakością jest przyjęcie modelu PDCA (Plan-Do-Check-Act czyli Zaplanuj – Wykonaj – Zbadaj - Działaj) zwanego również cyklem Deminga.

### Zasada „ciągłego doskonalenia procesów” (KAIZEN)

Słowo KAIZEN oznacza nieustanne poprawianie, ulepszanie, doskonalenie. Kaizen jest filozofią zarządzania, która pochodzi z Japonii. Ma ona na celu ciągłe ulepszanie miejsca pracy, procesu pracy i życia codziennego. Schemat ciągłego doskonalenia został przedstawiony na rysunku 2.



Rys.2. Schemat ciągłego doskonalenia. [21].

Filary Kaizen:

- standaryzacja,
- organizacja miejsca pracy,
- usunięcie marnotrawstwa.

### Zasada „zera defektów”

Zasada „zera defektów” została rozwinięta przez Philipa Crosby’ego i oznacza produkcję bez usterek, braków oraz konieczności poprawiania poprzez właściwą organizację procesów oraz kształcenia personelu [20]. Philip Crosby pracował przez 40 lat nad jakością, a 14 spędził w ITT, która tylko jednego roku zaoszczędziła 720 milionów dolarów dzięki zastosowaniu TQM. Zasada „zera defektów” została sformułowana na początku lat sześćdziesiątych XX w.

Zasadę „zera defektów” może wykorzystywać każda organizacja. Można ją określić mianem „czterech pewniaków” [19].

- jakość jest określana jako zgodność ze specyfikacją, a nie dobry produkt,
- jakości nie osiąga się poprzez ocenianie, lecz poprzez profilaktykę,

- standard jakości oznacza brak usterek,
- jakości nie mierzy się wskaźnikami, lecz kosztem braku zgodności ze specyfikacją.

Zasada „zera defektów” jest powiązana z zasadami ciągłego doskonalenia oraz pracy zespołowej. Najważniejsze to stworzyć odpowiedni system, który pozwala na łatwe komunikowanie się wszystkich pracowników, co umożliwi odpowiednią ocenę niezgodności i przyczyn ich powstawania.

### **Osiem zasad zarządzania jakością wg normy ISO 9000:2015**

Norma PN-EN ISO 9000:2015 zawiera osiem zasad zarządzania jakością, które służą poprawie funkcjonowania przedsiębiorstwa, aczkolwiek dotyczą normatywnego ujęcia zarządzania jakością, a nie filozofii TQM [14]. Należą do nich:

- orientacja na klienta,
- przywództwo,
- zaangażowanie pracowników,
- podejście procesowe,
- podejście systemowe,
- ciągłe doskonalenie,
- podejmowanie decyzji na podstawie faktów,
- wzajemnie korzystne powiązania z dostawcami.

Wprowadzenie ośmiu zasad zarządzania jakością stanowiło całkowicie nowe spojrzenie na systemy jakości. Stały się one przyczyną do nowelizacji norm jakościowych w postaci nowej rodziny norm ISO serii 9000:2015.

### **Narzędzia zarządzania jakością**

Narzędzia zarządzania jakością służą do zbierania i przetwarzania danych związanych z różnymi aspektami jakości [4]. Do tradycyjnych narzędzi zarządzania jakością zalicza się: schemat blokowy, diagram Ishikawy, diagram Pareto-Lorenza, histogram, karty kontrolne Shewharta, wykres korelacji zmiennych i arkusze kontrolne. Narzędzia te stosowane są zazwyczaj jako składnik metod zarządzania jakością, ale też mogą być stosowane samodzielnie.

Nowe narzędzia jakościowe mają korzenie w technikach organizatorskich. Określane są one jako „nowe”, ponieważ stanowią uzupełnienie narzędzi tradycyjnych i są na nowo odkrywane w zarządzaniu jakością. Zalicza się do nich: macierzową analizę danych, diagram pokrewieństwa, wykres programu decyzyjnego (plan działania), diagram relacji, diagram systematyki, diagram strzałkowy (sieć działań) i diagram macierzowy. Przydają się do przetwarzania danych w procesach przedprodukcyjnych, w badaniach preferencji oraz opinii klientów, projektowania wyrobów, itp.

Oprócz nowych narzędzi wykorzystywane są ciągle tzw. tradycyjne narzędzia zarządzania jakością. Należą do nich:

- wykres przyczynowo - skutkowy Ishikawy
- diagram Pareto-Lorenza

- arkusze kontrolne
- histogram
- karty kontrolne Shewharta

### Metody wspomagające zarządzanie jakością



**QFD** – (z ang. *QualityFunction Deployment*), rozwinięcie funkcji jakości – jest to metoda, dzięki której istnieje możliwość uwzględnienia wszystkich czynników mających wpływ na jakość wyrobu, od etapu projektowania poprzez produkcję. Metoda ta została rozwinięta, aby sprostać wymaganiom klientów poprzez projektowanie procesów. Celem QFD jest uchwycenie oczekiwań klientów i przekształcenie ich na właściwą strategię oraz produkt.



**FMEA** – analiza przyczyn i skutków wad – jest jedną z metod analizy ryzyka, która identyfikuje słabe punkty występujące w projekcie wyrobu. Jest wykorzystywana do wykrycia potencjalnych wad, a także przyczyn, które je wywołują.

## 3. CHARAKTERYSTYKA BADANEGO PRZEDSIĘBIORSTWA PRODUKCYJNEGO

Przedsiębiorstwo produkcyjne „ELECTRONICS S.A.” jest znanym europejskim producentem przekaźników, działającym w branży od 1958 roku. Zalicza się do branży elektrotechnicznej. Produkty wykonywane w firmie znajdują zastosowanie w obszarach automatyki przemysłowej i energetycznej, elektroniki przemysłowej i użytkowej, elektroenergetyki, telekomunikacji, AGD i innych. Przykładową ofertę firmy przedstawiono w tabeli 3.

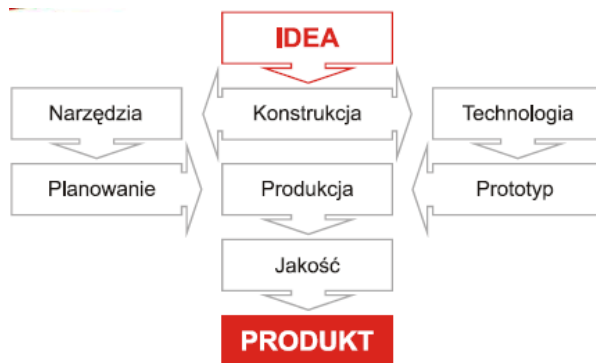
Tabela 3. Oferta handlowa przedsiębiorstwa produkcyjnego

przekaźniki elektromagnetyczne	
gniazda do przekaźników	

	
przełączniki interfejsowe	

### 3. 1. Charakterystyka procesów jakościowych w przedsiębiorstwie

Jednym z kluczowych zagadnień występujących w procesie produkcyjnym jest kontrola jakości wyrobów w trakcie ich wytwarzania. Przełączniki należą do grupy wyrobów wytwarzanych w procesach produkcji masowej. Gotowy wyrób ma bardzo wysokie wymagania jakościowe, dlatego też system zapewnienia jakości jest ciągle doskonalony. Firma stara się systematycznie obniżyć wskaźnik wadliwości wyrobu do poziomu 10 ppm. Kontrolowany jest każdy etap procesu powstawania wyrobów, od powstania pomysłu, aż do gotowego produktu. Poszczególne etapy powstawania wyrobu w przedsiębiorstwie przedstawione zostały na rys. 3.



Rys.3. Etapy powstawania wyrobu

W linii produkcyjnej kontrola międzyoperacyjna polega na wzrokowej ocenie jakości wyrobów przez przeszkolonych pracowników, a także kontroli produktów za pomocą specjalnych przyrządów do kontroli (np. gramomierz, raster). Także maszyny do montażu oraz aparaty kontrolno - drukujące wyposażone są w testery do kontroli napięcia. Kontrola optyczna realizowana jest od środkowej fazy procesu tzn. po montażu całego przekaźnika, aż do końca procesu produkcyjnego. Na tych samych etapach produkt jest sprawdzany na podstawie protokołu kontroli, tabela 4.

Tabela 4. Protokół kontroli

PROTOKÓŁ KONTROLI NR.....		
Nr. Zlecenia.....		
Wysokość zamówienia.....		
Spr. szt.:.....		
Data.....		
Spr.....		
Rodzaj błędu	Ilość wadliwych	Uwagi
Rezystancja cewki		
Rezystancja styków		
Napięcie zadziałania		
Napięcie niezadziałania		
Napięcie trzymania		
Napięcie odpadu		
Cewka - styk 5500V/1s.		
Szczelina m/stykowa 1100V/1s.		
Odległość m/torowa 2750V/1s.		
Szczelina m/stykowa 2200V/1s. (powiększona szczelina)		

Jakość nadruku		
Jakość zalania żywicą		
Jakość wyprowadzeń		
Inne wady		
DOPUSZCZONO DO WYSYŁKI                      TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>		

Kontrola umożliwia wykrywanie wad wyrobów wynikających z niewłaściwego ustawienia maszyny. Najłatwiejszym ogniwem procesu kontroli jest sprawdzanie optyczne, gdyż człowiek nie jest w stanie ocenić czy np. wyprowadzenia są proste, dlatego do kontroli używany jest raster.

#### **4. ROZWIĄZYWANIE PROBLEMÓW JAKOŚCIOWYCH Z ZASTOSOWANIEM METOD I TECHNIK ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ**

##### **4.1. Sposób postępowania dla reklamacji zewnętrznych**

Zarządzanie reklamacjami w przedsiębiorstwie produkcyjnym jest jednym z elementów doskonalenia przedsiębiorstwa. Szybkie analizowanie reklamacji ujawnia niezgodności, w dalszym etapie prowadzone są działania mające na celu naprawę niezgodności w procesie oraz działania zapobiegawcze, które mają na celu wyeliminowanie powstawania wad w przyszłości.

Analizę reklamacji zewnętrznych przeprowadza zespół w składzie od 4 do 6 osób. Na czele zespołu stoi Lider Zespołu, którym jest Kierownik Działu Zarządzania Jakością. Do analizy reklamacji wykorzystywane są do wyboru 1 lub więcej z 7 opisanych metod i technik zarządzania jakością, mianowicie:

- burza mózgów,
- schemat przyczynowo - skutkowy Ishikawy,
- metoda 5x Dlaczego,
- diagram Pareto-Lorenza,
- analiza FMEA,
- analiza Sił Pola,
- raport 8D.

Stosowane metody i techniki zarządzania jakością dobierane są przez Zespół w zależności od stopnia trudności znalezienia przyczyny reklamacji oraz odpowiednio do zawartych umów jakościowych z poszczególnymi klientami.

Za opracowanie analiz z wykorzystaniem metod i technik zarządzania jakością i raportu 8D odpowiedzialny jest Specjalista ds. Ochrony Środowiska, najpóźniej następnego dnia od jej przeprowadzenia.

Na podstawie przeprowadzonej analizy Kierownik Działu Zarządzania Jakością, bądź jego zastępca przygotowuje i wysyła odpowiedź do Klienta.

Gdy wdrożone działania doskonalące ocenione zostaną negatywnie niezgodność będzie rozpatrywana ponownie (cały proces rozpoczyna się od początku).

#### **4.2. Sposób postępowania dla wewnętrznych problemów jakościowych**

Analizę wewnętrznych problemów jakościowych przeprowadza się w celu stwierdzenia, czy czynności mające wpływ na jakość odpowiadają planowanym ustaleniom, czy ustalenia są realizowane na bieżąco i efektywnie oraz czy zabezpieczają cele jakościowe.

Analizę wewnętrznych problemów jakościowych przeprowadza zespół na podstawie wad wyrobów w poszczególnych grupach wyrobów, opierającej się na analizie danych z testerów i analizie danych z planów sprawdzania

Sposób postępowania z wynikami analizy i działaniami doskonalącymi jest taki sam jak dla reklamacji zewnętrznych.

Ocena skuteczności podjętych działań doskonalących dokonywana jest przez Inżyniera ds. Zarządzania Jakością do 3-go dnia każdego miesiąca po zakończeniu każdego kwartału.

Gdy wdrożone działania doskonalące ocenione zostaną negatywnie problem jakościowy będzie analizowany ponownie (cały proces rozpoczyna się od początku).

#### **4.3. Sposób postępowania dla reklamacji surowców**

Proces analizy reklamacji surowców rozpoczyna się w Dziale Zarządzania Jakością. Inżynier ds. Zarządzania Jakością rejestruje Protokół Reklamacji Surowca lub Kartę Materiału Zatrzymanego.

Inżynier ds. Zarządzania Jakością wystawia zlecenie reklamacji surowca do Logistyki celem zabezpieczenia produkcji i odesłania surowca oraz wystawia Protokół reklamacji dla dostawcy i rozpatruje reklamowane wyroby z dostawcą.

W zależności od ważności surowca Inżynier żąda od dostawcy następujących rodzajów analiz reklamacji:

- surowiec strategiczny do produkcji (np. taśmy, profile, druty nawojowe, styki) – raport 8D oraz analizę przyczyn: FMEA lub 5x Dlaczego lub Diagram Ishikawy,
- surowiec ważny do produkcji (np. rdzenie, tworzywa, elektronika) – raport 8D,
- surowiec pozostały (np. opakowania, przewody, wkręty, chemia (utwardzacz i żywica)) – schemat Ishikawy lub Diagram Pareto-Lorenza lub plan działań korygujących i/lub zapobiegawczych z terminami wdrożenia oraz informacją o przyczynach zaistniałego problemu.



Ocena skuteczności podjętych działań doskonalących dokonywana jest przez Inżyniera ds. Zarządzania Jakością do 3-go dnia miesiąca po zakończeniu każdego kwartału.

#### 4.4. Przykłady stosowanych metod i technik rozwiązywania problemów i ciągłego doskonalenia

Celem stosowania metod i narzędzi zarządzania jakością jest identyfikacja zagrożeń, przyczyn niezgodności, ważności zagrożeń i określenie działań korygujących i zapobiegawczych w celu doskonalenia systemu zarządzania jakością.

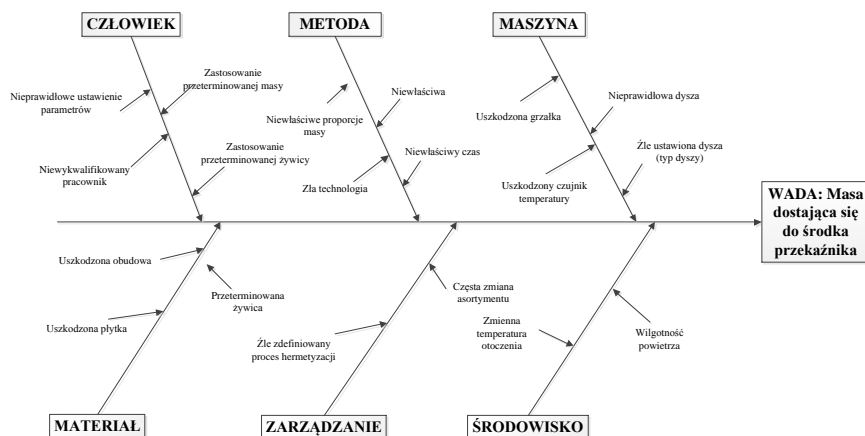
##### Diagram Ishikawy – wskazanie czynników wpływających na wciekanie masy do środka przekąznika.

Przykładowy diagram przyczynowo - skutkowy Ishikawy przedstawia czynniki wpływające na proces hermetyzacji przekązników (rysunek 4.). Analizowanym problemem była masa wciekająca do wnętrza przekąznika.

Do poszczególnych kategorii przyczyn zaznaczonych na szkielecie diagramu dopisywano za pomocą strzałek czynniki, które wpływają na określony problem. kategorii.

Na podstawie diagramu przyczynowo – skutkowego Ishikawy wybrano najbardziej prawdopodobne przyczyny, do których należą:

- uszkodzona płytką,
- źle dobrana dysza,
- niewłaściwy czas dozowania masy.



Rys.4. Diagram Ishikawy – hermetyzacja [opr. własne]

**Metoda 5xWhy – wskazanie czynników wpływających na wydłużający się czas realizacji dostaw przekładników.**

Analizowanym problemem były dostawy przekładników typu ABB realizowane powyżej terminu określonego w umowie. Według umowy jest to 28 dni kalendarzowych, a realizacja dostawy w przedsiębiorstwie wynosi 75 dni. Opóźnienie dostaw wynika z tego, że jest zbyt dużo zamówień danych przekładników, posiadany park maszynowy jest w pełni wykorzystywany oraz dlatego, że część przekładników jest montowana zagranicą, w związku z tym cykl produkcyjny się wydłuża.

Aby wskazać czynniki wpływające na to zjawisko określono prawdopodobne przyczyny:

- ograniczenia możliwości wzrostu mocy produkcyjnych,
- znaczny wzrost zamówień w stosunku do prognoz,
- sześciotygodniowy cykl produkcyjny.

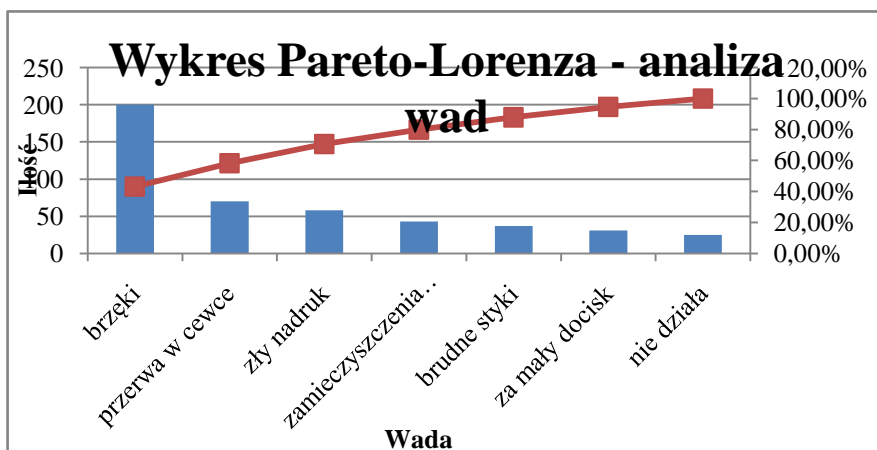
**Analiza i wykres Pareto – Lorenza przyczyn wzrostu reklamacji przekładników z grupy RM 84/84/87.**

W przedsiębiorstwie produkcyjnym zapisywane są dane dotyczące reklamacji zgłaszanych przez odbiorców. Wybrano kategorię dotyczącą określonych wad przedstawionych w tabeli 5. Są to wady występujące w partii 500 tys. sztuk przekładników typu RM85 występujące w III kwartale 2014 roku.

Stwierdzono wystąpienie siedmiu przyczyn reklamacji uznawanych za istotne. Dane przedstawione zostały w postaci diagramu Pareto.

Z wykresu można odczytać, że ze względu na częstość występowania główną przyczyną reklamacji są brzęki. Stanowią one ponad 40% wszystkich wad. Aby można było przedstawić wyniki za pomocą wykresu Pareto - Lorenza, najpierw należy obliczyć skumulowany % sztuk wadliwych.

Po obliczeniu wszystkich wartości, można przejść do narysowania właściwego wykresu Pareto - Lorenza, który przedstawiono na rys. 5.



Kys. 5. Wykres Pareto-Lorenza dla analizowanych wad [opr. własnej].

Z wykresu wynika, że prawie 80% (79,96) reklamacji przełącznika RM85 generowanych jest przez następujące wady: brzęki, przerwa w cewce, zły nadruk, zanieczyszczenia wewnątrz przełącznika. Zgodnie z regułą 80% - 20%, oznacza to, że w pierwszej kolejności należy zastanowić się w jaki sposób usunąć te wady, co zrobić żeby nie występowały (jak je ograniczyć), gdyż generują prawie 80% wszystkich reklamacji.

### 3. ANALIZA SKUTECZNOŚCI I EFEKTYWNOŚCI STOSOWANIA NARZĘDZI PROJAKOŚCIOWYCH W PRZEDSIĘBIORSTWIE

Pośród narzędzi projakościowych najważniejsze w przedsiębiorstwie są: analiza FMEA, raport 8D, praca zespołowa oraz PPAP. Narzędzia jakościowe są w szczególności wykorzystywane do analizy niezgodności oraz wyznaczania obszarów, dla których konieczne jest stosowanie działań korygujących i zapobiegawczych. Zastosowanie właściwych rozwiązań problemów, poprzez wykorzystanie dostępnych narzędzi projakościowych może skutecznie poprawić proces.

Zgodnie z wymaganiami ISO przedsiębiorstwo powinno ustalić, udokumentować oraz wdrożyć i utrzymać system zarządzania jakością oraz ciągle i skutecznie go doskonalić. Aby zwiększyć efektywność stosowania narzędzi projakościowych należy: zbudować zintegrowany system zarządzania jakością, rozwijać skutecznie instrumenty zarządzania jakością oraz monitorować skuteczność działań projakościowych.

Dla realizacji zamierzonego celu oceniono metody i techniki zarządzania jakością pod kątem skuteczności wykorzystywania. Skuteczność poszczególnych narzędzi została oceniona w skali siedmiopunktowej. Celem tego badania była identyfikacja metod i technik oraz wskazanie, która z nich jest najbardziej istotna. Przeprowadzono badanie ankietowe w przedsiębiorstwie, aby określić sku-

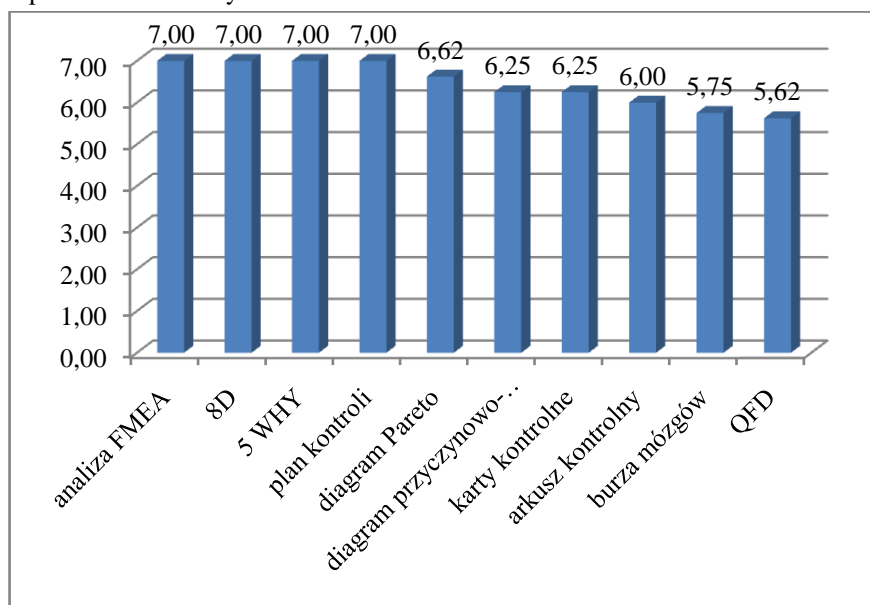
teczność i efektywność poszczególnych metod i technik zarządzania jakością. Badanie było skierowane przede wszystkim do kadry kierowniczej oraz działu zarządzania jakością.

Analiza wyników była oparta na średniej arytmetycznej ocen w skali od 1 do 7. Ocena częstości występowania metod i technik wskazała, że najczęściej występują takie metody jak: metoda 5WHY, raport 8D, analiza FMEA, plan kontroli oraz diagram Pareto. Z grupy narzędzi zarządzania jakością najczęściej stosuje się: diagram przyczynowo - skutkowy Ishikawy, karty kontrolne, arkusz kontrolny, burzę mózgów oraz metodę QFD. Natomiast najrzadziej stosowane są: diagram strzałkowy, analiza warstwowa oraz diagram matrycowy. W tabeli 5. przedstawione zostały średnie częstości występowania poszczególnych metod i technik.

*Tabela 5. Prezentacja wyników dla częstości występowania narzędzi projektowych [opr. własne].*

<b>metody i techniki</b>	<b>średnia</b>	<b>rozstęp</b>	<b>odchylenie standardowe</b>
analiza FMEA	7,00	0	0,00
8D	7,00	0	0,00
5WHY	7,00	0	0,00
plan kontroli	7,00	0	0,00
diagram Pareto	6,63	1	0,52
diagram przyczynowo- skutkowy Ishikawy	6,25	2	0,71
karty kontrolne	6,25	2	0,71
arkusz kontrolny	6,00	2	0,76
burza mózgów	5,75	2	0,71
QFD	5,63	2	0,74
metoda ABC	4,63	3	0,92
DOE	4,38	2	0,74
histogram	4,25	2	0,89
PDPC	2,75	2	0,71
diagram strzałkowy	2,25	2	0,89
diagram pokrewieństwa	1,00	0	0,00
diagram drzewa	1,00	0	0,00
diagram matrycowy	1,00	0	0,00

Najczęściej stosowane metody zarządzania jakością według przedsiębiorstwa zaprezentowano na rys. 6.



Rys.6. Najczęściej stosowane metody i narzędzia zarządzania w przedsiębiorstwie [opr. własne].

Po wybraniu najczęściej występujących metod i technik zarządzania jakością-pracownicy przedsiębiorstwa ocenili skuteczność ich działania. Wyniki zaprezentowano w tabeli 6.

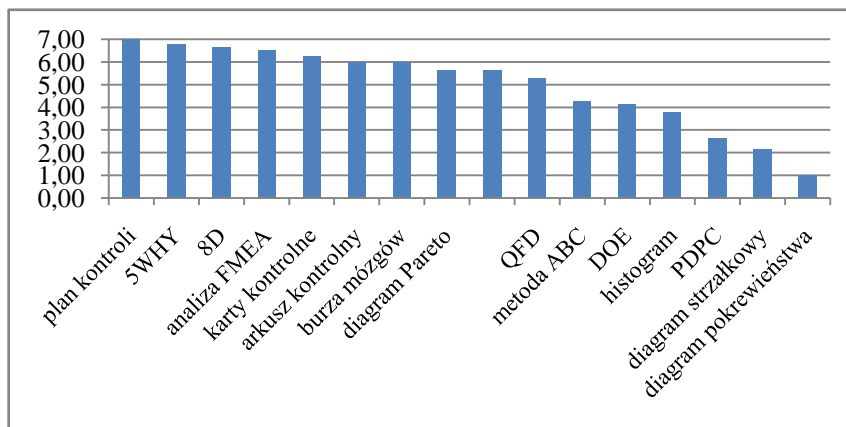
Tabela 6. Prezentacja wyników skuteczności stosowania metod i technik zarządzania jakością w przedsiębiorstwie [opr. własne].

metody i techniki	średnia	rozstęp	odchylenie standardowe
plan kontroli	7,00	0	0,00
5WHY	6,75	1	0,46
8D	6,63	1	0,52
analiza FMEA	6,50	1	0,53
karty kontrolne	6,25	2	0,71
arkusz kontrolny	6,00	2	0,76
burza mózgów	6,00	2	0,93
diagram Pareto	5,63	2	0,74

metody i techniki	średnia	rozstęp	odchylenie standardowe
diagram przyczynowo-skutkowy Ishikawy	5,63	1	0,52
QFD	5,25	1	0,46
metoda ABC	4,25	2	0,89
DOE	4,13	2	0,83
histogram	3,75	2	0,71
PDPC	2,63	1	0,52
diagram strzałkowy	2,13	2	0,83
diagram pokrewieństwa	1,00	0	0,00
diagram drzewa	1,00	0	0,00
diagram matrycowy	1,00	0	0,00

Najsukuteczniejszymi metodami spośród stosowanych w przedsiębiorstwie są: plan kontroli, 5WHY, raport 8D, analiza FMEA oraz karty kontrolne.

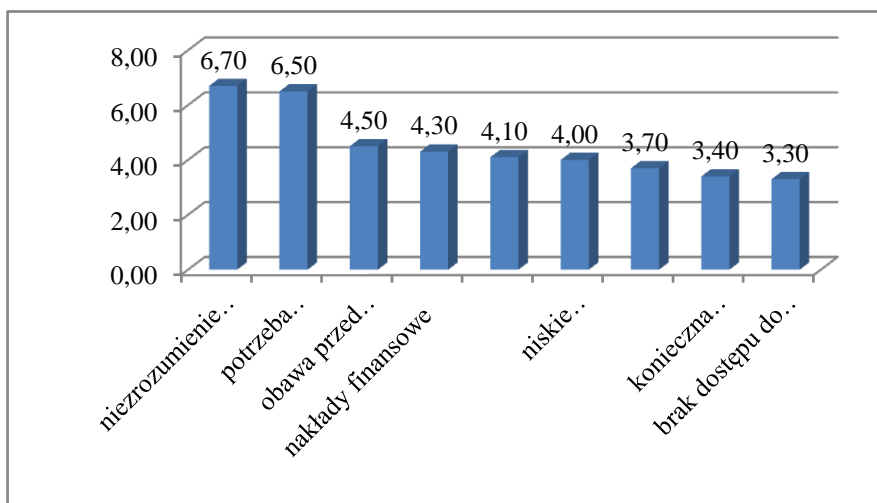
Najmniej skuteczne są: diagram strzałkowy, diagram pokrewieństwa, diagram drzewa oraz diagram matrycowy. Na rysunku 7. przedstawiono wyniki oceny skuteczności metod i technik w formie graficznej.



Rys.7. Skuteczność stosowania metod i technik zarządzania jakością w przedsiębiorstwie [opr. własne].

Przedstawiciele przedsiębiorstwa zostali poproszeni o wybranie spośród wymienionych w ankiecie przyczyn wdrażania i zastosowania metod zarządzania jakością, najważniejszych według ich punktu widzenia. Najwyższe oceny uzyskały te, które wpływają na osiągnięcie celów jakościowych: usprawnienie kontroli procesu (6,5), spełnienie wymagań klientów (6,2). Natomiast najniższe dotyczyły wizerunku firmy (4,7).

W badaniu ankietowym oceniono także trudności przy wdrażaniu oraz stosowaniu metod zarządzania jakością. Na pierwszym miejscu znalazło się niezrozumienie poszczególnych metod oraz technik zarządzania jakością. Oceny wszystkich trudności przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Trudności przy wdrażaniu i stosowaniu metod zarządzania jakością [opr. własne].

Analiza efektywności stosowania narzędzi projakościowych została wykonana na przykładzie problemu występującego w przedsiębiorstwie, a mianowicie są to krzywe wyprowadzenia od cewki i styków w przełącznikach.

#### 4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Ocena efektywności narzędzi projakościowych nie jest prostym zagadnieniem. W każdej firmie jest to oceniane indywidualnie. Bardzo istotne jest, aby odpowiednio zidentyfikować cele związane z polityką jakości.

Główne zagadnienie podjęte w pracy odnosi się do analizy efektywności narzędzi projakościowych stosowanych w przedsiębiorstwie. Aby temu sprostać wskazano najskuteczniejsze metody, które umożliwiają doskonalenie systemu zarządzania jakością.

Na podstawie wyników z ankiety wybrano najczęściej stosowane oraz najskuteczniejsze metody oraz techniki zarządzania jakością. Analiza opierała się na średniej arytmetycznej z zakresu od 1 do 7. Za najczęściej używane metody uznano: analizę FMEA, raport 8D, metodę 5WHY, plan kontroli oraz diagram Pareto. Najskuteczniejszymi metodami w przedsiębiorstwie okazały się: plan kontroli, metoda 5WHY, raport 8D oraz analiza FMEA. Natomiast jako bardzo ważne uznano: burzę mózgów i diagram przyczynowo-skutkowy Ishikawy. Według wyników ankiety można wskazać schemat rozwiązywania proble-

mów jakościowych w przedsiębiorstwie. Na podstawie schematu przyczynowo – skutkowego, podczas burzy mózgów wybierane są przyczyny. Następnie według diagramu Pareto dokonuje się selekcji, aby metodą 5WHY wskazać działania naprawcze.

Opierając się na ankiecie, za największe korzyści z zastosowania metod zarządzania jakością uznawane są przede wszystkim: poprawa procesu produkcyjnego, poprawa jakości oraz podnoszenie kompetencji pracowników. Za największe trudności przy wdrożeniu ankietowani uznali niezrozumienie metod oraz technik, a także potrzebę dodatkowego szkolenia.

### Literatura

- [1]. **Drucker P.F.:** *Zarządzanie w XXI wieku*, PWE, Warszawa 2000, s.39.
- [2]. **Folejewska A.:** *Analiza FMEA – zasady, komentarze, arkusze*, Wyd. Verlag Dashofer, Warszawa 2010.
- [3]. **Griffin R.W.:** *Podstawy zarządzania organizacjami*, PWN, Warszawa 2004, s.6.
- [4]. **Hamrol A., Mantura W.:** *Zarządzanie jakością*, PWN, Warszawa-Poznań 2002.
- [5]. **Hamrol A.:** *Zarządzanie jakością z przykładami*, PWN, Warszawa 2013.
- [6]. **Kolman R.:** *Kwalitologia. Wiedza o różnych dziedzinach jakości.*, Wydawnictwo Placet, Warszawa 2009.
- [7]. **Łuczak J., Matuszak-Flejszman A.:** *Metody i techniki zarządzania jakością*. Kompendium wiedzy, Quality Progress, Poznań 2007.
- [8]. **Majewski Ł.:** *Nowoczesne Zarządzanie*, Comarch SA, 2012,2,s.78.
- [9]. **Mazur A., Golaś H.:** *Zasady, metody i techniki wykorzystywane w zarządzaniu jakością*, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010.
- [10]. **Robaszkiewicz M.:** *Praca zespołowa w doskonaleniu procesu zarządzania jakością*. Dostęp w Internecie: [archiwum.parp.gov.pl/partnerinfo/przewodnik/28dz24.rtf](http://archiwum.parp.gov.pl/partnerinfo/przewodnik/28dz24.rtf) (15.01.2016)
- [11]. **Rudnicki J.:** *Zarządzanie ciągłym doskonaleniem*, Instytut Organizacji i Zarządzania, Politechnika Wrocławska. Dostęp w Internecie: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:p-F1\\_BxkyIgJ:www.ioz.pwr.wroc.pl/pracownicy/rudnicki/default\\_pliki/Zarz%25C4%2585dzanie%2520ciag%25C5%2582ym%2520doskonaleniem%25206%2520sigma.ppt+&cd=1&hl=pl&ct=clnk&gl=pl](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:p-F1_BxkyIgJ:www.ioz.pwr.wroc.pl/pracownicy/rudnicki/default_pliki/Zarz%25C4%2585dzanie%2520ciag%25C5%2582ym%2520doskonaleniem%25206%2520sigma.ppt+&cd=1&hl=pl&ct=clnk&gl=pl) (15.01.2016)
- [12]. **Szczeptańska K.:** *Koszty Jakości*, Wydawnictwo Placet, Warszawa 2009.
- [13]. **Szczeptańska K.:** *Zarządzanie jakością. W dążeniu do doskonałości*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2011, s. 22.





# **PRZYDATNOŚĆ KARTY KONTROLNEJ AKCEPTACJI PROCESU W STEROWANIU PROCESAMI O WYSOKIEJ ZDOLNOŚCI JAKOŚCIOWEJ**

## **1. WPROWADZENIE**

Na każdy proces działają pojawiające się zakłócenia losowe i specjalne, co powoduje, że nie przebiega on w sposób stabilny. Zakłócenia losowe zgodnie z normą PN-EN ISO 3534-2 to „czynniki, występujące w dużej liczbie, przy czym każda z nich ma względnie małe znaczenie, prowadzące do zmienności, które muszą być jednoznacznie zidentyfikowane”. Zakłócenia specjalne według wymienionej normy to czynniki, które mogą być wykryte i zidentyfikowane, jako powodujące zmiany właściwości jakościowej lub zmiany poziomu procesu”. Można je wyeliminować, jeśli potrafimy je zidentyfikować i wiedzieć, kiedy, i w jaki sposób wpływają na proces. Aby tego dokonać, musimy określić (znać) granice dopuszczalnej zmienności procesu i zbadać jego naturalne zachowanie.

Do skutecznego nadzorowania procesu i obserwacji trendów zmian, prognozowania dalszych zmian i odpowiednio wcześniej podjąć działania nie dopuszczając do wyprodukowania wyrobu niezgodnego, wykorzystywane są karty kontrolne różnego typu[1]. Problemem jest wybór karty, która byłaby najlepiej dostosowana do jego właściwości, pozwalająca sterować procesem w optymalny sposób wybierając tylko czynniki o istotnym znaczeniu.

Liczba czynników dominujących według informacji literaturowych [2] określona została do czterech. Chodzi o czynniki związane z początkowym ustawieniem maszyny, czynniki związane ze zmiennością maszyny i procesu, czynniki związane z operatorem oraz czynniki związane z materiałem.

W niniejszym artykule skupiono uwagę na doborze karty adekwatnej do procesu o dużej powtarzalności i masowości oraz była możliwość kompletowania próbki pomiarowej. Obiektem badań był proces toczenia kół do przekładni zębatych na tokarce numerycznej, charakteryzujący się wysokimi wskaźnikami zdolności jakościowej. Porównano przydatność karty kontrolnej średniej i rozstępu powszechnie stosowanej do sterowania procesami i karty akceptacji procesu.

Analiza jakościowa wykazała, że karta akceptacji procesu jest lepiej dostosowana do właściwości procesu toczenia od karty średniej i rozstępu.

## 2. PROCES TOCZENIA KOŁA ŚLIMACZNICY

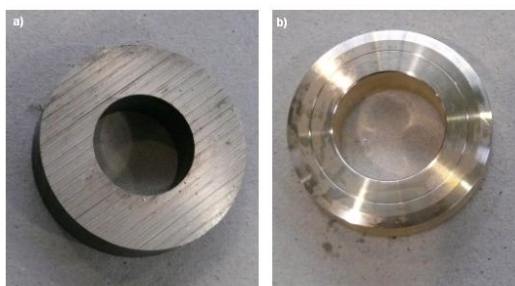
Przedmiotem badań jest proces toczenia koła na tokarce numerycznej. Koło w tej fazie procesu jest półwyrobem w produkcji ślimacznicy frezowanej metodą obwiedniową. Materiałem wyjściowym jest pierścień z brązu (rys. 2a) o wymiarach: średnica zewnętrzna  $\varnothing 79,5$  mm, średnica wewnętrzna  $\varnothing 40$  mm, szerokość 22 mm. Dzięki tak wstępnie ukształtowanemu materiałowi proces obróbki nie obejmuje operacji cięcia surówki. Pierścień z brązu jest poddawany kolejno: toczeniu, przeciąganiu rowka wpustowego, frezowaniu i grawerowaniu sygnatury oraz szczotkowaniu i myciu.

Pierwszym zabiegiem jest obróbka zgrubna i wykańczająca powierzchni zewnętrznych (z zachowaniem odpowiednich nadatków) na połowie szerokości koła (rys.1). Następnie wykonywana jest obróbka wstępna i wykańczająca otworu poprzez wytaczanie. Po tej operacji obrobiona część podawana jest do drugiego wrzeciona przechwytyjącego.



Rys.1. Toczone koło w uchwycie trójszczękowym (opracowanie własne)

W celu drugiej wykonuje się obróbką zgrubną i wykańczającą powierzchni zewnętrznych na gotowo z zachowaniem wymiarów rysunkowych. Po wykonaniu znacznika obrobiona część odbierana jest z wrzeciona za pomocą robota i odkładana na taśmę transportową. Rysunek 2b przedstawia koło po operacji toczenia



Rys.2. Materiał wyjściowy do procesu technologicznego: a) surówka z brązu, b) koło po operacji toczenia (opracowanie własne)

### 3. OCENA JAKOŚCIOWA PROCESU TOCZENIA KOŁA

#### 3.1. Plan kontroli koła po operacji toczenia

Badanie jakości dotyczyło średnicy zewnętrznej półwyrobów wykonywanych na gotowo w operacji toczenia. Wyboru średnicy dokonano ze względu na jej bezpośredni wpływ na jakość finalną koła ślimacznicy oraz na fakt, że można aktywnie wpływać na jej wartości poprzez czynniki sterowalne procesu. W ramach badań przeprowadzono kontrolę liczbową wymiaru średnicy  $\varnothing 78 \pm 0,1$ . Kontroli dokonywano w próbkach pięcioelementowych trzy razy na zmianę roboczą. Plan kontroli przedstawiono w tabeli 1.

Tab.1. Plan kontroli liczbowej średnicy zewnętrznej koła  $\varnothing 78 \pm 0,1$

PLAN KONTROLI										
Nr części 01			Opracował					Sprawdził		
Nazwa części Koło ślimakowe			Data/ Podpis					Data/ Podpis		
Nr	Operacja	Stanowisko	Charakterystyka			Metoda				Plan reakcji
			Nr	Cecha	Specyfikacja	Przyrząd pomiarowy	Wielkość próbki	Częstotliwość pomiaru	Rodzaj kontroli	
10	Toczenie powierzchni zewnętrznej	Tokarka numeryczna	1	Średnica zewnętrzna	$\varnothing 78^{+0,1}$	Suwmiarka	5	3x / zmiana robocza	Kontrola liczbowa	Zatrzymanie produkcji / korekta
10	Toczenie powierzchni wewnętrznej	Tokarka numeryczna	2	Średnica wewnętrzna	$\varnothing 42 M7$	Sprawdzian tłoczkowy	5	3x / zmiana robocza	Kontrola alternatywna	Zatrzymanie produkcji / korekta

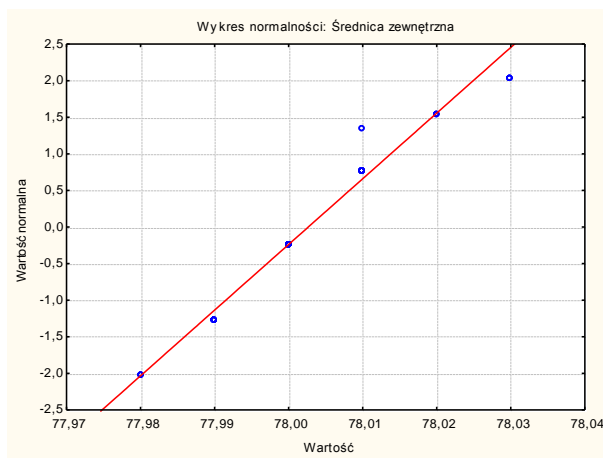
Pomiary zapisywano na przygotowanym arkuszu wpisując odczytane wskazania na suwmiarce elektronicznej wymiaru średnicy koła w rubryki pomiar odpowiednio do numeru badanej próbki. Wyniki z pomiarów przedstawia tabela 2.

Tab.2. Wyniki pomiarów średnicy z obliczonymi statystykami

Nr. próbki	Pomiar					Statystyki obliczone		
	1	2	3	4	5	$\bar{x}$	R	s
1.	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	0,00	0,000
2.	77,98	77,98	77,99	77,98	77,98	77,98	0,01	0,004
3.	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	0,00	0,000
4.	78,01	78,01	78,01	78,01	78,01	78,01	0,00	0,000
5.	78,00	78,00	78,00	78,01	78,01	78,00	0,01	0,005
6.	78,01	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	0,01	0,004
7.	78,00	78,00	78,01	78,01	78,00	78,00	0,01	0,005
8.	77,99	78,00	77,99	78,00	78,00	77,99	0,01	0,005
9.	78,00	78,00	77,99	78,00	78,00	77,99	0,01	0,004
10.	78,01	78,01	78,01	78,01	78,01	78,01	0,00	0,000
11.	78,01	78,01	78,01	78,00	78,00	78,00	0,01	0,005
12.	78,00	78,00	78,00	78,00	78,01	78,00	0,01	0,004

13.	78,01	78,01	78,01	78,01	78,01	78,01	0,00	0,000	
14.	78,01	78,01	78,01	78,02	78,02	78,01	0,01	0,005	
15.	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	0,00	0,000	
16.	78,01	78,02	78,01	78,02	78,02	78,02	0,01	0,005	
17.	78,00	78,00	77,99	77,99	78,00	78,00	0,01	0,005	
18.	78,00	78,01	78,01	78,00	78,00	78,00	0,01	0,005	
19.	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	0,00	0,000	
20.	78,03	78,03	78,03	78,03	78,03	78,03	0,00	0,000	
21.	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	0,00	0,000	
22.	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	0,00	0,000	
23.	77,99	77,99	77,99	77,99	77,99	77,99	0,00	0,000	
24.	77,99	77,99	77,99	77,99	77,98	77,99	0,01	0,004	
25.	78,01	78,01	78,00	78,00	78,01	78,01	0,01	0,005	
							$\bar{x}$	$\bar{R}$	$\bar{s}$
							78,002	0,006	0,003

Na wstępie zbadano normalność rozkładu danych za pomocą wykresu normalności w zakładce *Wykresy prawdopodobieństwa i rozrzutu* korzystając z programu *STATYSTICA* [1]. Wyniki badania normalności przedstawia rysunek 3.



Rys. 3. Wykres normalności

Punkty na wykresie układają się w przybliżeniu wzdłuż linii prostej, można więc uznać rozkład danych za normalny, zatem istnieje podstawa do zastosowania karty kontrolnej  $\bar{x}$ -R.

Dla zebranych danych w procedurze wstępnej obliczono wskaźniki zdolności jakościowej krótkoterminowej. Odchylenie standardowe oznaczone jako  $\sigma_{kr}$ , zostało obliczone ze wzorów [2], jako uśrednione odchylenie standardowe z małych próbek.

$$\sigma_{kr} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad \text{lub} \quad \sigma_{kr} \approx s = \frac{\bar{s}}{c_4} ; \quad \text{gdzie:} \quad \bar{s} = \frac{\sum_{j=1}^k s_j}{k},$$

gdzie:  $\bar{R}$  - średni rozstęp z  $k$  próbek  $n$  - elementowych;  $\bar{s}$  - średnie odchylenie standardowe z  $k$  próbek  $n$  - elementowych;  $s_j$  - odchylenie standardowe w  $j$ -tej próbce ( $j = 1, 2 \dots k$ );  $d_2, c_4$  - współczynniki odczytywane z tablicy 7a [2].

Wskaźniki zdolności jakościowej krótkoterminowej wyznaczono ze wzorów:

$$C_p = \frac{(USL - LSL)}{6\sigma_{kr}} ; \quad C_{pk} = \min \left\{ \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma_{kr}} ; \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma_{kr}} \right\},$$

stąd:

- wartość wskaźnika  $C_p = 13,85$ ,
- wartość wskaźnika  $C_{pk} = 13,43$ .

Proces posiada wysoką zdolność jakościową, jeśli wskaźnik zdolności jakościowej  $C_p$  jest większy niż 1,33 [3]. W badanym przypadku wartość wskaźnika  $C_p$  wynosi 13,85, co wskazuje na bardzo dobrą zdolność jakościową procesu, jak również na zbyt szeroki przedział tolerancji badanej cechy, w stosunku do osiąganey dokładności maszyny obróbkowej.

Wskaźnik zdolności	Ocena procesu
$C_{pk} = C_p$	Proces ustawiony dokładnie na środku pola tolerancji
$C_p < 1 \Rightarrow T < 6\sigma$	Proces o niskiej zdolności jakościowej - konieczne jest „doskonalenie” procesu lub rozszerzenie pola tolerancji
$C_p \approx 1 \Rightarrow T \approx 6\sigma$	Proces o przeciętnej zdolności jakościowej - należy liczyć się z wystąpieniem jednostek niezgodnych
$C_p > 1,33 \Rightarrow T > 8\sigma$	Proces o dobrej zdolności jakościowej
$C_p > 1,66 \Rightarrow T > 10\sigma$	Zdolność procesu „bardzo dobra”
$C_{pk} \neq C_p$	Proces nie jest ustawiony centralnie

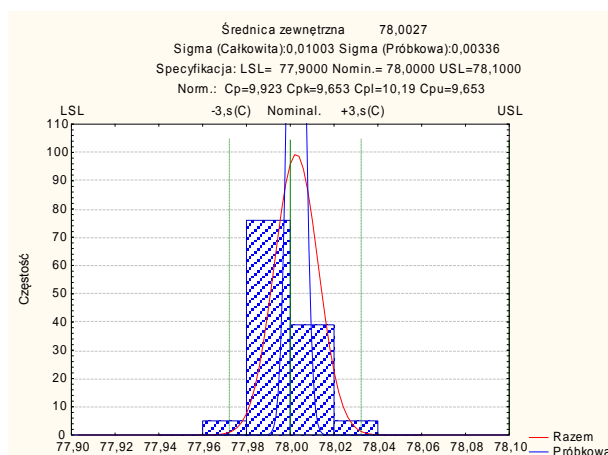
Rys. 4. Interpretacja wartości wskaźników zdolności jakościowej [3]

Dla sprawdzenia zdolności jakościowej zebrane dane (tab. 2) poddano analizie w pakiecie STATISTICA, korzystając z modułu *Statystyki przemysłowe, Analiza procesu* [5]. Zatwierdzając wybór zakładki *Analiza zdolności procesu i granice tolerancji, dane surowe* oraz wybierając zmienną przy użyciu przycisku *Zmienne* (średnica zewnętrzna) i dalej *Specyfikacja (Nominal- wymiar 78 i delta- wartość symetrycznej odchyłki 0,1 mm)*, wybierając *Podsumowanie* uzyskano wartości wskaźników zdolności jakościowej (rys. 5): wartość wskaźnika  $C_p = 9,92$  oraz wartość wskaźnika  $C_{pk} = 9,65$ .

		Zmienna: (Dane)
		-3,000 *Sigma=77,9926
		+3,000 *Sigma=78,0128
Wsk. zdolności	Wartość	
Dolna granica specyfik.	77,90000	
Specyfikacja nominalna	78,00000	
Górna granica specyfik.	78,10000	
CP (zdolność potencjalna)	9,92333	
CR (frakcja zdolności)	0,10077	
CPK (przedstaw. doskonałość)	9,65342	
CPL dolny wskaźnik zdolności	10,19325	
CPU górny wskaźnik zdolności	9,65342	
K (niewycentrowanie)	0,02720	
CPM (zdolność potenc. II)	3,20654	

Rys. 5. Wyniki analizy zdolności jakościowej procesu

W zakładce dostępny jest także *Histogram podsumowujący* (rys. 6)

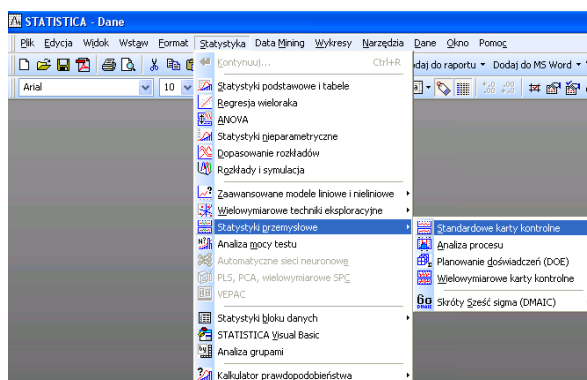


Rys. 6. Histogram podsumowujący analizę zdolności jakościowej procesu

Wyniki analizy wskazują na bardzo dobrą zdolność jakościową procesu toczenia oraz na jego wycentrowanie. Histogram podsumowujący wskazuje na szerokie pole tolerancji badanej cechy, i wszystkie wyniki pomiarów mieszczą się w granicach specyfikacji. Świadczy to o braku wyrobów wadliwych.

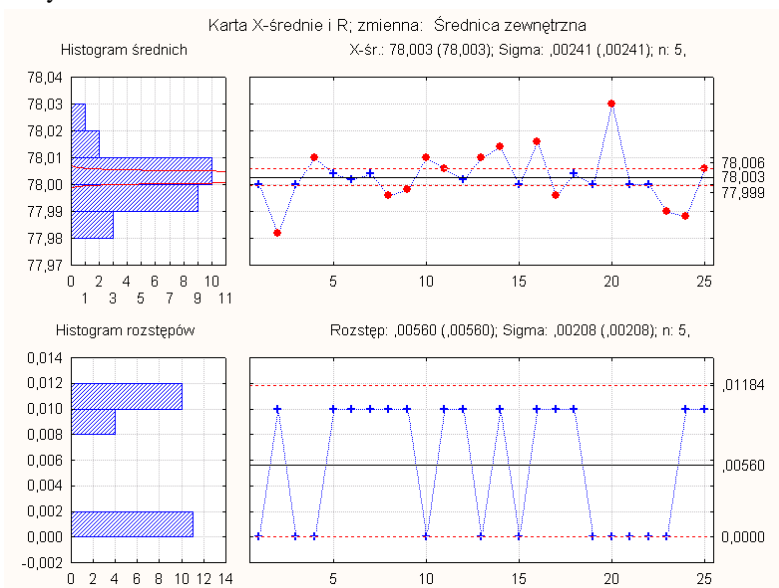
### 3.2. Karta kontrolna średniej i rozstępu

W celu stworzenia karty  $\bar{x}_{sr} - R$  wykorzystano w programie STATISTICA moduł *Statystyki przemysłowe* [4] (rys. 7).



Rys. 7. Standardowe karty kontrolne w pakiecie STATISTICA

Wybierając odpowiednią kartę kontrolną – *Karty  $\bar{X}$ -średnie i R* (ocena liczbowa) oraz w następnym oknie dokonując wyboru danych za pomocą przycisku *Zmienne* i zaznaczając opcję *Dane są surowe*, także określając licznosc próbek, wprowadzając stałą licznosc próbek o wartości 5 i zatwierdzając przyciskiem *OK* otrzymano kartę kontrolną  $\bar{X}_{sr}$  – *R* jak na rysunku 8.



Rys. 8. Karta  $\bar{X}_{sr}$ -R opracowana w programie STATISTICA

Korzystając z zakładki *Karty. Opisowe* uzyskano dokładny raport danych dla wygenerowanej karty.



Średnica zewnętrzna; X-śr.; Średnia procesu: 78,002720; Sigma: 0,002408 (Dane) Specyfikacja; Śred.: 78,002720; Sigma: 0,002408 Średnie n: 5,000000									
Próbek	Linia central.	Średnia	Rozs.	N	LCL -3,000*S	UCL 3,000*S	Uwzględ. w oblicz.	Przypisane przycz.	Przypisane działan.
1	78,0027	78,0000	0,0000	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
2	78,0027	77,9820	0,0100	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
3	78,0027	78,0000	0,0000	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
4	78,0027	78,0100	0,0000	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
5	78,0027	78,0040	0,0100	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
6	78,0027	78,0020	0,0100	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
7	78,0027	78,0040	0,0100	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
8	78,0027	77,9960	0,0100	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
9	78,0027	77,9980	0,0100	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
10	78,0027	78,0100	0,0000	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
11	78,0027	78,0060	0,0100	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
12	78,0027	78,0020	0,0100	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
13	78,0027	78,0100	0,0000	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
14	78,0027	78,0140	0,0100	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
15	78,0027	78,0000	0,0000	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
16	78,0027	78,0160	0,0100	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
17	78,0027	77,9960	0,0100	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
18	78,0027	78,0040	0,0100	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
19	78,0027	78,0000	0,0000	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
20	78,0027	78,0300	0,0000	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
21	78,0027	78,0000	0,0000	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
22	78,0027	78,0000	0,0000	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
23	78,0027	77,9900	0,0000	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
24	78,0027	77,9880	0,0100	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak
25	78,0027	78,0060	0,0100	5	77,9994	78,0059	tak	brak	brak

Rys. 9. Szczegółowa analiza danych dla karty  $X_{\bar{r}} - R$ 

Raport widoczny jest na rys 9. Zostały w nim uwzględnione: linie centralne karty, średnie, rozstępy, licznosci próbek oraz granice kontrolne. Program wyliczył punkty na karcie kontrolnej z dokładnością do 0,001 dla karty  $X_{\bar{r}}$  oraz do 0,01 dla karty  $R$ .

Obliczone wartości linii centralnych oraz granic kontrolnych w pakiecie *STATISTICA* są zbliżone do wartości obliczonych w ramach procedury wstępnej. Wszystkie punkty na karcie  $R$  znajdują się wewnątrz granic kontrolnych, co wskazuje na stabilność rozrzutu danych. Układ punktów na karcie  $X_{\bar{r}}$  w odniesieniu do wyliczonych granic kontrolnych wskazuje na brak stabilności procesu ze względu na położenie wielu punktów poza liniami kontrolnymi. Są one oznaczone kolorem czerwonym.

Program pozwala również na zbadanie określonych sekwencji wartości statystyk w granicach linii kontrolnych, świadczących o wystąpieniu zakłóceń specjalnych. Opcja ta jest dostępna w zakładce *Karty/ Testy konfiguracyjne*.

Wyniki testu przedstawiano na rysunku 10. Wskazują one na działanie czynników specjalnych ze względu na wielokrotne wystąpienie sekwencji:

- 2 z 3 punktów znajdujących się w strefie A,
- 4 z 5 punktów leżących w strefie B lub dalej.

W zakładce *Karty, sprawdź alarmy* sprawdzono wyjścia statystyk poza granice kontrolne.

		Średnica zewnętrzna ; Testy konfiguracji (Dane)	
		Karta X-średnie	
		Linia centralna: 78,002720 Sigma: 0,001077	
Strefy A/B/C: 3,000/2,000/1,000 *Sigma	Testy konfiguracji	od próbki	do próbki
	9 po tej samej stronie l. centralnej	OK	OK
	6 w trendzie rosnącym/malejącym	OK	OK
	14 naprzemiennie w górę i w dół	OK	OK
	2 z 3 w strefie A lub dalej	1	3
		7	9
		10	12
		13	15
		17	19
		20	22
		23	25
	4 z 5 w strefie B lub dalej	10	14
		19	23

Rys. 10. Wyniki testów konfiguracyjnych

Wyniki badania alarmów świadczą o wielokrotnym wykroczeniu punktów poza linie kontrolne na karcie  $X_{\bar{y}}$ . Na arkuszu (rys. 11) przedstawiono kolejne numery próbek, dla których punkty znajdują się na zewnątrz linii kontrolnych. Dotyczy to punktów zaznaczonych na karcie  $X_{\bar{y}}$  kolorem czerwonym (rys. 8).

(Arkusz pokazuje wszystkie potencjalne alarmy) (Dane)					
Próbek	Numer próbki:	Poza LCL/UCL Wyłączone	Poza l. ostrzegawcz. Nie stosuje się	Konfiguracje Wyłączone	Poza specyfik. Wyłączone
2	2	Karta X-średnie			tak
3	3			Karta X-średnie	
4	4	Karta X-średnie			
8	8	Karta X-średnie			tak
9	9	Karta X-średnie		Karta X-średnie	tak
10	10	Karta X-średnie			
11	11	Karta X-średnie			
12	12			Karta X-średnie	
13	13	Karta X-średnie			
14	14	Karta X-średnie		Karta X-średnie	tak
15	15			Karta X-średnie	
16	16	Karta X-średnie			tak
17	17	Karta X-średnie			tak
19	19			Karta X-średnie	
20	20	Karta X-średnie		Karta X-średnie	tak
22	22			Karta X-średnie	
23	23	Karta X-średnie		Karta X-średnie	tak
24	24	Karta X-średnie			tak
25	25	Karta X-średnie		Karta X-średnie	

Rys. 11. Wyniki kontroli sprawdzenia alarmów o próbkach poza specyfikacją

Raport liczby punktów poza granicami kontrolnymi można otrzymać korzystając z zakładki Karty, odstające.

Wyniki analizy przedstawiono na rys. 12. Program wyliczył, iż 6 punktów znajduje się poniżej dolnej linii kontrolnej (LCL) oraz 8 punktów powyżej górnej linii kontrolnej (UCL).

Liczba odstających: Ogół próbek (domyślny) (Dane)		
Średnica zewnętrzna; X-śr.: Średnia procesu: 78,00272		
Specyfikacja; Śred.: 78,002720; Sigma: 0,002408		
Typ	Liczba	% ogółu
Odstaj.	odstaj.	Próbek
< LCL	6	24,000000
> UCL	8	32,000000
Razem	14	56,000000

Rys. 12. Ilość punktów poza dolną linią kontrolną LCL oraz powyżej górnej linii kontrolnej UCL

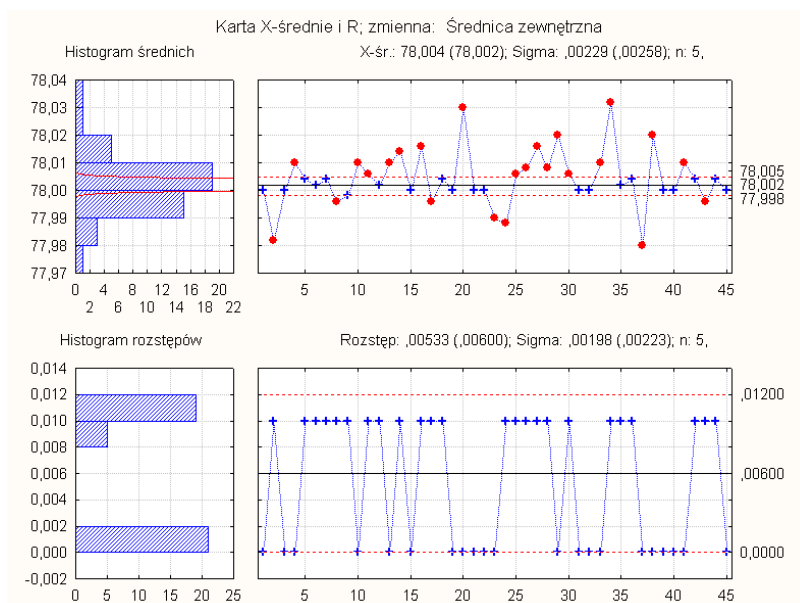
W tabeli 3 zebrano wyniki dalszych pomiarów średnicy zewnętrznej, dla których obliczono średnią, rozstęp, odchylenie standardowe. Wyniki te dopisano do arkusza wcześniej analizowanych danych (tab. 2) i dla obliczonych wartości centralnych oraz granic kontrolnych wykreślono nową kartę  $\bar{X}_{sr} - R$  (rys. 13).

Tab. 3. Wyniki kolejnych pomiarów z przeliczonymi wartościami średniej, rozstępu i odchylenia standardowego dla każdej próbki (opracowanie własne)

Nr. próbki	Pomiar					Statystyki obliczone		
	1	2	3	4	5	$\bar{x}$	R	s
26.	78,00	78,01	78,01	78,01	78,01	78,01	0,01	0,004
27.	78,02	78,02	78,01	78,01	78,02	78,02	0,01	0,005
28.	78,01	78,01	78,01	78,01	78,00	78,01	0,01	0,004
29.	78,02	78,02	78,02	78,02	78,02	78,02	0,00	0,000
30.	78,00	78,00	78,01	78,01	78,01	78,01	0,01	0,005
31.	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	0,00	0,000
32.	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	0,00	0,000
33.	78,01	78,01	78,01	78,01	78,01	78,01	0,00	0,000
34.	78,04	78,03	78,03	78,03	78,03	78,03	0,01	0,004
35.	78,00	78,00	78,00	78,00	78,01	78,00	0,01	0,004
36.	78,00	78,01	78,01	78,00	78,00	78,00	0,01	0,005
37.	77,98	77,98	77,98	77,98	77,98	77,98	0,00	0,000
38.	78,00	78,00	78,01	78,01	78,01	78,01	0,01	0,005
39.	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	0,00	0,000
40.	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	0,00	0,000
41.	78,01	78,01	78,01	78,01	78,01	78,01	0,00	0,000
42.	78,00	78,00	78,00	78,01	78,01	78,00	0,01	0,005
43.	77,99	77,99	78,00	78,00	78,00	78,00	0,01	0,005
44.	78,01	78,01	78,00	78,00	78,00	78,00	0,01	0,005
45.	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	0,00	0,000

Analizując układ punktów na kartach stwierdzono, iż wszystkie punkty na karcie  $R$  są wewnątrz granic kontrolnych, zatem proces charakteryzuje stabilność rozrzutu danych. Natomiast wiele punktów na karcie  $\bar{X}_{sr}$  znajduje się poza liniami kontrolnymi. Wskazywałoby to na częstą konieczność przeprowadzenia regulacji procesu. Jednak

w odniesieniu do założonej tolerancji wymiaru średnicy zewnętrznej ślimacznicy, wynoszącej  $78 \pm 0,1$ , taka korekta nie ma podstaw, gdyż mimo wyjścia statystyk poza granice kontrolne, nie uzyskano wyrobu wadliwego. Istnieje zatem zbyt duża rozbieżność między obszarem wewnątrz granic kontrolnych, zawierającym się w przedziale  $77,999 \div 78,006$ , a zakresem tolerancji, wynoszącym  $77,9 \div 78,1$ .



Rys. 13. Karta  $X_{\bar{r}}-R$  dla wszystkich danych zebranych w procesie toczenia koła ślimacznicy

Karta  $X_{\bar{r}}-R$  nie jest więc adekwatnym do danego procesu narzędziem sterowania jakością, ze względu na zbyt dużą dokładność wymiarową uzyskiwaną na obrabiarce numerycznej w stosunku do założonej technologicznej tolerancji. Jednak może być ona wykorzystywana do nadzorowania zmian badanych statystyk, obserwacji trendów oraz innych skutków czynników specjalnych, przejawiających się wystąpieniem określonych sekwencji punktów.

### 3.3. Karta akceptacji procesu

Dla takich przypadków, jak omawiany proces, w którym występujące rozregulowanie, np. zmiana średniej, nie stwarza zagrożenia wzrostu liczby niezgodności, zastosowano *kartę akceptacji procesu* [2]. Stosując kartę akceptacji procesu przyjmuje się na wyjściu akceptowalną frakcję braków  $p > 0$  [2]. Omawianą kartę zastosowano do zebranych danych, które zanalizowano w procedurze wstępnej. Przyjmując, że na karcie musi pojawić się z prawdopodobieństwem  $P > 0,95$  sygnał, o wejściu procesu w obszar z frakcją bra-

ków  $p > 0,05$  (oznacza to prawdopodobieństwo błędu II rodzaju - błędnej akceptacji procesu  $\beta = 0,05$ ), wyliczono minimalną wymaganą wielkość wskaźnika  $C_{pk}$ :

$$c_{pk} = \frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{\left(u_u + \frac{u_\beta}{\sqrt{n}}\right)}{3} = \frac{1}{\sqrt{5}} + \frac{\left(1,64 + \frac{1,64}{\sqrt{5}}\right)}{3} = 1,24.$$

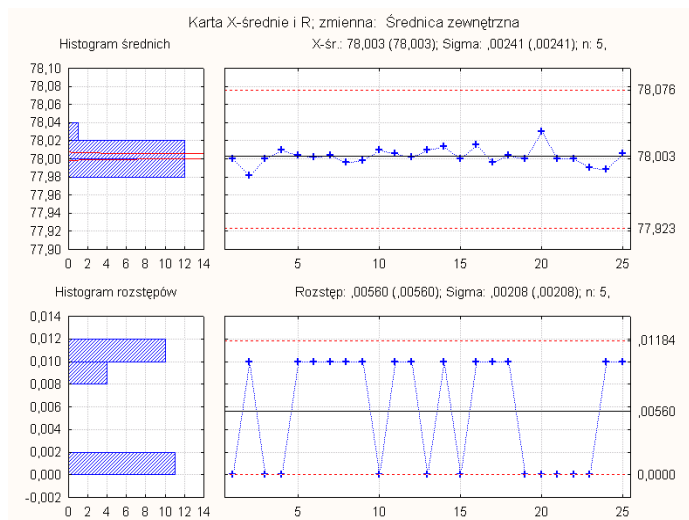
Odnosząc minimalną wartość wskaźnika  $C_{pk} = 1,24$  do wartości  $C_{pk}$  obliczonej w procedurze wstępnej i wynoszącej 13,43, stwierdzono, że istnieją podstawy do zastosowania karty akceptacji procesu. Granice kontrolne, po przekroczeniu, których należy bezwzględnie przeprowadzić regulację procesu, wyznaczono ze wzorów:

$$LCL_{(akc)} = LSL + \left(u_p + \frac{u_\beta}{\sqrt{n}}\right)\sigma = 77,9 + \left(1,64 + \frac{1,64}{\sqrt{5}}\right)0,01 = 77,923,$$

$$UCL_{(akc)} = USL - \left(u_p + \frac{u_\beta}{\sqrt{n}}\right)\sigma = 78,1 - \left(1,64 + \frac{1,64}{\sqrt{5}}\right)0,01 = 78,076,$$

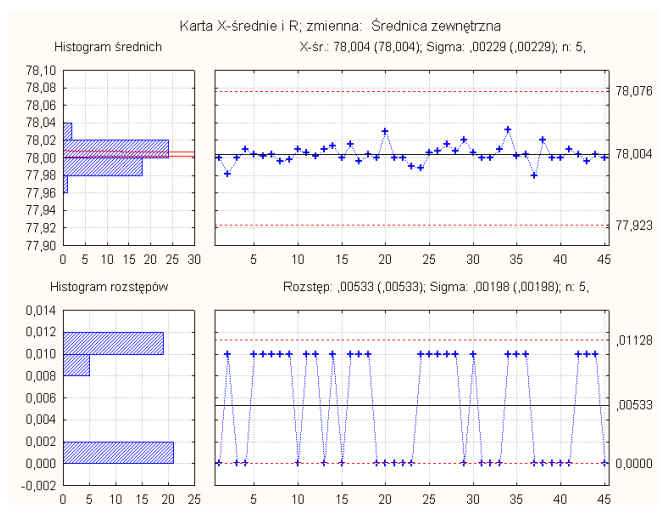
gdzie:  $LSL$ - dolna linia tolerancji,  $USL$ - górna linia tolerancji,  $n$  - liczność próbki,  $\sigma$  - odchylenie standardowe badanej zmiennej,  $u_p$ ,  $u_\beta$  - wartości standaryzowanej zmiennej normalnej dla prawdopodobieństwa  $p$  i  $\beta$ , odczytywane z tablic rozkładu normalnego [2].

Wprowadzając jak poprzednio, wartości obliczonych granic kontrolnych w programie *STATISTICA* otrzymano kartę, jak na rys. 14.



Rys. 14. Karta akceptacji procesu

Przeprowadzając analizę układu punktów na karcie akceptacji procesu, stwierdzono, że żaden z punktów nie znajduje się poza granicami kontrolnymi. Dla zadanych granic kontrolnych nie uzyskuje się wyrobu wadliwego, wszystkie wartości statystyk mieszczą się w granicach specyfikacji. Opracowaną kartę akceptacji procesu wykorzystano do zbadania kolejnych próbek (26-45) dla wyliczonych granic kontrolnych. Wyniki przedstawiono na rysunku 15.



Rys. 15. Karta akceptacji procesu dla wszystkich próbek z procesu wytwórczego ślimacznicy

Wszystkie punkty znajdują się wewnątrz granic kontrolnych, zatem proces jest stabilny oraz nie otrzymano wyrobu niezgodnego.

W analizowanym przypadku karta akceptacji procesu jest bardziej adekwatnym narzędziem kontroli procesu niż karta  $X_{\bar{y}}-R$ , ponieważ w obliczeniach granic kontrolnych zostały uwzględnione wartości odchyłki tolerancji. W związku z wykorzystaniem w procesie obróbki ślimacznicy maszyn numerycznych i otrzymywanych w skutek tego dużych dokładności wymiarowych zaleca się zawężenie pola tolerancji. Uzyskano by w ten sposób węższy obszar akceptacji wyrobu, znajdujący się między liniami kontrolnymi na karcie akceptacji procesu. Pozwoliłoby to na wykrycie mniejszych odchyłek od średniej procesu oraz identyfikację i eliminację czynników zakłócających. Zawężenie pola tolerancji wpłynęłoby jednak na osiągnięcie mniejszych wartości wskaźników zdolności jakościowej. Działania te są zgodne z ideą ciągłego doskonalenia, która stanowi podstawowe założenie wszystkich procesów, odnoszących się do zarządzania jakością wyrobów.

#### 4. POSUMOWANIE

Ocenę jakościową wyrobu i procesu toczenia przeprowadzono na podstawie kontroli liczbowej wymiaru średnicy zewnętrznej koła ślimakowego. Do analizy wykorzystano

zestaw narzędzi statystycznych pakietu *STATISTICA*. Proces toczenia koła ślimakowego charakteryzowała wysoka jakość, powtarzalność i zgodność z wymaganiami.

W przeprowadzonej kontroli liczbowej średnicy zewnętrznej zaobserwowano bardzo wysoką dokładność wymiarową uzyskaną na obrabiarkach numerycznych. Zastosowane *karty kontrolne średniej i rozstępu* wskazały jednak na częstą konieczność przeprowadzenia regulacji procesu. Stwierdzono, że korekta nie była wymagana, gdyż mimo wyjścia statystyk poza granice kontrolne, nie uzyskano wyrobu wadliwego. Wszystkie wyniki pomiarów znajdowały się w granicach specyfikacji, również analiza zdolności jakościowej wykazała, że proces był stabilny i wycelowany. Dla kontroli liczbowej wymiaru średnicy zewnętrznej koła ślimakowego najbardziej adekwatnym narzędziem sterowania jakością była *karta akceptacji procesu*, ze względu na wykorzystanie w obliczeniach granic kontrolnych wartości odchyłek tolerancji.

W celu przeprowadzenia dalszego doskonalenia procesu zaleca się zawężenia pola tolerancji.

Wykazano także przydatność pakietu *STATISTICA* w sterowaniu jakością procesów i wyrobów, wytwarzanych drogą obróbki ubytkowej w przedsiębiorstwach produkcyjnych, ze względu na, kompletny i bogaty zestaw narzędzi statystycznych umożliwiających ocenę zdolności jakościowej procesu oraz utrzymanie badanej cechy w granicach specyfikacji.

## LITERATURA

- [1] **Greber T.:** *Statystyczne sterowanie procesami – doskonalenie jakości z pakietem STATISTICA*. StatSoft Polska Sp. z o.o., Kraków 2000.
- [2] **Hamrol A.:** *Zarządzanie jakością z przykładami*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2008.
- [3] <http://www.statsoft.pl/czytelnia/jakość/metstat.html>.
- [4] <http://www.statsoft.pl/karty-kontrolne.html>.
- [5] <http://www.statsoft.pl/process.html>.

# **OPTIMALIZACJA PROCESU PRODUKCYJNEGO BLOKU ROZDZIELACZA V3.1 W PRZEDSIĘBIORSTWIE MB PNEUMATYKA**

## **1. WPROWADZENIE**

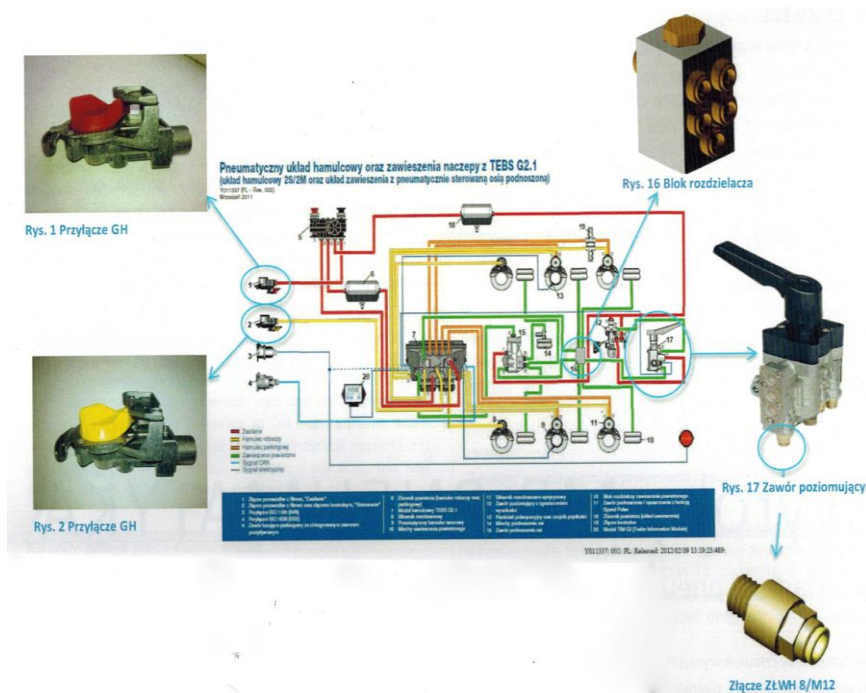
W dzisiejszych czasach zysk firmy nie zależy już tylko i wyłącznie od jakości produkowanych wyrobów czy sprawnej obsługi klienta. Uwarunkowany jest również takimi czynnikami, jak elastyczne podejście przedsiębiorstwa do stawianych problemów, czy też umiejętność dostosowania się i dopasowania do potrzebnych zmian. Procesy produkcyjne w przedsiębiorstwach są na bieżąco przeorganizowywane, w celu jak największej optymalizacji kosztów poniesionych w całym spektrum operacji i zabiegów konstrukcyjnych, technologicznych i jakościowych. Chodzi przy tym głównie o to, by przy jak najmniejszym nakładzie finansowym wyprodukować jak najwięcej, a przy tym zachować odpowiednie wymagania jakościowe, stawiane dla całej gamy wyrobów (Liwowski B G., Kozłowski 2007). Przykładem takiego elastycznego podejścia do optymalizacji produkcji jest przedsiębiorstwo MB-Pneumatyka, zajmujące się produkowaniem części składowych do pneumatycznych układów hamulcowych, które znajdują swoje zastosowanie w naczepach pojazdów ciężarowych.

Jednym z flagowych detali, produkowanych w tym zakładzie, jest blok rozdzielacza sprężonego powietrza V3.1. Jest to aluminiowy sześciian, ze specjalnie zaprojektowanymi otworami pod złącza wciskowe, który znajduje zastosowanie między innymi w pneumatycznym układzie hamulcowym oraz zawieszeniu naczepy (Rys. 1).

Pierwotnie rozdzielacz V3.1 był produkowany z wyciskanego pręta aluminium o wymiarze 40x50x62 mm, wykonanego z EN AW-2017A. Ze względu na swoje właściwości fizyko-chemiczne, głównie niską odporność na korozję, wymagał dodatkowej operacji anodowania. Anodowanie aluminium odbywało się w zewnętrznej firmie na zasadzie kooperacji. Rozwiązanie to gwarantowało zapewnienie niezbędnych właściwości fizyko-chemicznych, jednak znacznie wydłużało proces produkcyjny, ze względu na liczbę dni, które należało przeznaczyć na wykonanie procesu anodowania oraz procesy logistyczne, powiązane z tą operacją.

Ze względu na ponoszony koszt oraz czas trwania procesu anodowania w 2015 roku podjęto decyzję o zmianie materiału, z którego produkowano korpus. Zastosowano nowy stop aluminium EN-AW6082 o podobnych właściwościach fizyko-chemicznych oraz zbliżonym koszcie zakupu.





Rys. 1. Schemat układu hamulcowego z wykorzystanymi detalami produkowanymi w firmie MB-Pneumatyka, poz.16 - blok rozdzielacza V3.1 [1]

W wyniku podjętej decyzji znacznie skrócono czas produkcji bloku (ze względu na pominięcie operacji anodowania), jednak w procesie produkcyjnym i technologicznym, napotkano nowe problemy, które należało niezwłocznie rozwiązać:

- powstawanie gratu w detalach (konieczność usuwania gratu po obróbce skrawaniem w obrabiarce, ręcznie przez pracownika),
- konieczność obniżenia parametrów programu obróbki skrawaniem, ze względu na pękanie i zacieranie się wewnątrz materiału narzędzi obróbczych (wierteł i gwintowników), w wyniku czego czas produkcji bloków we frezarce uległ wydłużeniu,
- konieczność zmiany narzędzi obróbczych na takie, które będą bardziej dopasowane do nowego materiału i zastosowanie gniotowników w obróbce bezwiórowej.

W związku z pojawieniem się wymienionych problemów, które spowołyły wyprodukowanie korpusu bloku oraz w perspektywie przejścia w produkcji również innych wytwarzanych w zakładzie bloków na nowy materiał, co wiąże się z obniżeniem parametrów również innych modeli bloków, a więc wydłużeniem czasu produkcji w dziale CNC, postanowiono również zoptymalizować proces produkcyjny pod względem organizacji i unormowania stanowisk pracy. Usprawnienie organizacji procesu produkcyjnego, pozwoli na wyeliminowanie niepotrzebnych przestojów obrabiarce i pracy operatorów, wynikających z organizacji procesu produkcyjnego.

## 2. PROCES PRODUKCYJNY BLOKU ROZDZIELACZA V3.1

Procesem produkcyjnym nazywa się całokształt celowo podejmowanych działań, które prowadzą się do uzyskania pożądaných zmian w detalu poddanym pracy. Wszystkie występujące zjawiska i czynności kumulują się i przekładają na sukcesywne nabieranie przez produkowany detale cech, które przybliżają go i upodobniają do wyrobu gotowego. Koniec procesu produkcyjnego występuje w momencie, gdy wszystkie konieczne elementy zostały osiągnięte (Pasternak K. 2005). W przemyśle wyróżnia się cztery typy procesów produkcyjnych: 1) linia produkcyjna (ang. productionline), w którym produkcja jest zorganizowana w taki sposób, że produkt przechodzi poszczególne sekwencje z jednego stanowiska na drugie, 2) przepływ ciągły (ang. continuousflow), jest to pochodna linii produkcyjnej, z tą różnicą, iż produkt nie może zostać zdjęty z linii przed zakończeniem procesu, 3) produkcja na zamówienie (ang. custommanufacturing), detale wytwarzane są na podstawie zamówień klienta, a sam proces podzielony jest na obszary produkcyjne, np. lakiernia, szlifiernia, wydział CNC, montaż, 4) produkcja na miejscu (ang. fixe positionmanufacturing), w niej produkt nie zmienia swojej pozycji w czasie produkcji. Proces produkcyjny składa się z tzw. cykli produkcyjnych (czasów) potrzebnych do wykonania określonego zadania produkcyjnego. Czynności te mogą być proste lub złożone w zależności od sposobu wytwarzania oraz typu produkcji. Cały okres cyklu produkcyjnego podzielić można na okres roboczy i okres przerw. Okres roboczy to wszystkie czasy: trwania operacji technologicznych, trwania procesów naturalnych, trwania operacji kontrolno-pomiarowych, trwania konserwacji, trwania transportu czy okres roboczy występujący w procesie magazynowania. Do okresu przerw zalicza się: przerwy w procesie, które wynikają z organizacji procesu produkcyjnego (np. czas oczekiwania w magazynie, w związku z obróbką partii, czas poświęcony na oczekiwanie na zwolnienie stanowiska roboczego) oraz przerwy wynikające z organizacji dnia roboczego (np. przerwy międzymianowe, zaplanowane przerwy zmianowe, dni wolne od pracy) oraz wszelkich innych przerw (np. awarie urządzeń) (Strzelecki T. 1983)

Cały proces produkcyjny bloku V3.1 zaliczyć można do typu produkcji na zamówienie. Detal wytwarzany jest w dziale produkcji w poszczególnych wydziałach (obszarach). Głównymi obszarami produkcyjnymi dla omawianego wyrobu są: wydział produkcji; obszar mycia w myjni ultradźwiękowej; wydział montażu i przygotowanie wyrobu do wysyłki.

W każdym obszarze produkcyjnym, pracownicy wykonują określone czynności, doprowadzając materiały składowe do wyprodukowania wyrobu gotowego (Tab. 1).

*Tab.1. Opis czynności wykonywanych przez pracowników poszczególnych wydziałów w procesie produkcyjnym wyrobu gotowego V3.1.*

L.P.	Wydział produkcji CNC
1	Znalezienie odpowiednich narzędzi obróbczych i pomocniczych na hali produkcyjnej niezbędnych do wykonania detalu zgodnie z rysunkiem konstrukcyjnym.
2	Pobranie z magazynu materiału w postaci prętów aluminium i pocięcie go na

<b>Wydział produkcji CNC</b>	
	odpowiedniej długości przygotówkę potrzebną do wykonania detalu.
3	Przygotowanie obrabiarki FCN 1 do wykonania obróbki skrawaniem.
4	Znaleźć na obszarze produkcji oprawki i tuleje zaciskowe ER niezbędne do wykonaniu korpusu bloku.
5	Pomierzyć narzędzia wykorzystane w obróbce skrawaniem
6	Przygotować niezbędne dokumenty produkcyjne poprzez pobranie z Intranetu (wyszukiwarka wewnątrz-zakładowa) odpowiedniego planu kontroli i karty pomiarowej dla bloku V3.1.
7	Wybrać odpowiedni program z pamięci obrabiarki.
8	Wyprodukować pierwszą sztukę detalu.
9	Uruchomić produkcję blok i wyprodukować określoną liczbę bloków (zgodnie z zamówieniem produkcyjnym).
10	W czasie produkcji bloku wykonywać pomiary wynikające z planu kontroli.
11	Wyprodukowane korpusy bloku przekazać na obszar myjni.
<b>Myjnia</b>	
12	Przygotowanie myjni ultradźwiękowej do mycia korpusów.
13	Przygotowanie części do programu mycia w myjni ultradźwiękowej
14	Umycie korpusów.
15	Przekazanie umytych detali do wydziału montażu.
<b>Wydział Montażu</b>	
16	Przygotowanie odpowiednich stanowisk pracy, znalezienie przyrządów pomocniczych.
17	Pobranie z magazynu materiałów oraz półwyrobów potrzebnych do zmontowania wyrobu gotowego. Skompletowanie składowych zamówienia.
18	Zmontowanie wyrobów zgodnie z instrukcjami pracy.
19	Zbadanie szczelności zmontowanego wyrobu.
20	Spakowanie wyrobu zgodnie z instrukcją pracy oraz przygotowanie paczki do wysyłki do klienta.

Ze względu na częsty brak pracownika z odpowiednimi kompetencjami i umiejętnościami, który potrafiłby sam uruchomić proces produkcyjny dla tego bloku w oparciu o zlecenie produkcyjne, nagminnie stało się wykonywanie czynności od 1 do 11 z tabeli 1 przez pracownika działu technologicznego. To z kolei wpłynęło na organizację pracy działu technologicznego, który ze względu na duże ilości zamawianego bloku V3.1 przez klienta często musiał przestawiać obrabiarkę na ten detal, zamiast pracować nad swoimi zadaniami działowymi.

Kolejne obszary procesu produkcyjnego nie były tak kłopotliwe, ponieważ pracownicy wydziału montażu nie zmieniali się tak często, a sama organizacja ich pracy była na

dużo większym poziomie, ze względu na istniejące instrukcje pracy, instrukcje kontroli i plany kontroli, które służą pracownikom do poprawnego wykonywania czynności montażowych.

Każda wykonywana czynność została obserwowana i mierzona w celu ustalenia najdłuższych czynności w procesie produkcyjnym. Wyniki obserwacji (Tab. 2) wskazały na czynności, które zajmowały pracownikom przedsiębiorstwa zdecydowanie za dużo czasu.

Tab.2. Czas potrzebny pracownikom na wykonanie czynności poszczególnych wydziałów w procesie produkcyjnym bloku V3.1.

L.P	Wydział produkcji CNC	Czas
1	Znalezienie odpowiednich narzędzi obróbczych i pomocniczych na hali produkcyjnej niezbędnych do wykonania detalu zgodnie z rysunkiem konstrukcyjnym.	15-120 min
2	Pobranie z magazynu materiału w postaci prętów aluminium i pocięcie go na odpowiedniej długości przygotówkę potrzebną do wykonania detalu.	90-180 min
3	Przygotowanie obrabiarki FCN 1 do wykonania obróbki skrawaniem.	20-30 min
4	Znaleźć na obszarze produkcji oprawkę i tuleje zaciskowe ER niezbędne do wykonania korpusu bloku.	10-15 min
5	Pomierzyć narzędzia wykorzystane w obróbce skrawaniem	15-60 min
6	Przygotować niezbędne dokumenty produkcyjne poprzez pobranie z Intranetu (wyszukiwarka wewnątrz-zakładowa) odpowiedniego planu kontroli i karty pomiarowej dla bloku V3.1.	3 min
7	Wybrać odpowiedni program z pamięci obrabiarki.	1-3 min
8	Wyprodukować pierwszą sztukę detalu.	20-90 min
9	Uruchomić produkcję bloku i wyprodukować określoną liczbę bloków (zgodnie z zamówieniem produkcyjnym).	7-15 min/szt.
10	W czasie produkcji bloku wykonywać pomiary wynikające z planu kontroli.	8 min
11	Wyprodukowane korpusy bloku przekazać na obszar myjni.	2 min
<b>Myjnia</b>		
12	Przygotowanie myjni ultradźwiękowej do mycia korpusów.	3 min
13	Przygotowanie części do programu mycia w myjni ultradźwiękowej	2 min
14	Umycie korpusów.	
15	Przekazanie umytych detali do wydziału montażu.	2 min
<b>Wydział Montażu</b>		

L.P	Wydział produkcji CNC	Czas
16	Przygotowanie odpowiednich stanowisk pracy, znalezienie przyrządów pomocniczych.	5 min
17	Pobranie z magazynu materiałów oraz półwyrobów potrzebnych do zmontowania wyrobu gotowego. Skompletowanie składowych zamówienia.	4 min
18	Zmontowanie wyrobów zgodnie z instrukcjami pracy.	2 min/ szt.
19	Zbadanie szczelności zmontowanego wyrobu.	0,5 min
20	Spakowanie wyrobu zgodnie z instrukcją pracy oraz przygotowanie paczki do wysyłki do klienta.	3 min

W trakcie przeprowadzonych obserwacji procesu produkcyjnego zauważono, że niewiele czasu na wykonanie swoich czynności, potrzebują pracownicy wydziału produkcji CNC. Rozstrzał w czasie jaki potrzebowali operatorzy na wykonanie czynności w procesie produkcyjnym, zależał w dużym stopniu od umiejętności i przeszkolenia pracownika wynikających ze staży pracy w zakładzie. Problem niedoświadczonych pracowników produkcyjnym nasilił się w bardzo dużym stopniu, co znacznie wpłynęło na wydłużenie czasu procesu produkcyjnego, zwłaszcza w obszarze produkcji CNC.

Dla porównania czasu przygotowania samego stanowiska pracy, doświadczony operator wykonywał wszelkie czynności w obrębie niższych wartości czasowych, natomiast nowy pracownik, ze względu na brak wprawy i obycia z obrabiarkami wykonywał te same czynności w czasie maksymalnym podawanym w tabeli 2.

Poważnym problemem okazała się również liczba sztuk niezgodnych uzyskana w czasie produkcji w całym procesie produkcyjnym (Tab. 3). Nowo zatrudnieni pracownicy, ze względu na zorganizowanie stanowiska pracy pod bardziej doświadczonych pracowników (właściwie bazujących tylko na wiedzy starszych stażem pracowników) przyczyniali się w wydłużeniu czasu produkcyjnego ale również mieli znaczący udział w powstawaniu niezgodnych detali w czasie produkcji. Błędy te wynikały z wielu czynników, jednak najczęściej wynikały z użycia złych narzędzi w programie obróbczym, źle zamocowanym detalu w obrabiarce czy złym przygotowaniem materiału do obróbki ubytkowej.

Tab. 3. Liczba sztuk niezgodnych bloku rozdzielczego V3.1 zauważona w procesie produkcyjnym.

Wydział działu produkcji	Liczba sztuk produkowanych kwartalnie	Liczba sztuk niezgodnych zauważona w toku produkcji	Udział procentowy sztuk niezgodnych w procesie produkcyjnym
Produkcja CNC	2000	150	7,5 %
Myjnia	2000	60	3 %
Montaż	1850	256	13,84 %

Liczba sztuk niezgodnych w wydziale produkcji najczęściej zaliczana była jako sztuki ustawcze lub błędy wynikające z obróbki. Zauważone niezgodności na obszarze myjni były powodowane najczęściej wizualną niezgodnością (np. złe rozstawienie otworów). Najwięcej sztuk niezgodnych zauważono na wydziale montażu, ponieważ jest to pierwszy dział, gdzie pracownik ręcznie podnosi i kontroluje każdą sztukę, przy okazji wykonując swoje czynności montażowe. Najczęstszymi błędami zauważonymi w wydziale montażu były: niefazowane sztuki, niegratowane powierzchnie, wykonanie otworów w złej tolerancji lub nie zachowanie innych wymiarów wymaganych w dokumentacji konstrukcyjno-jakościowej.

Sztuki niezgodne bloku rozdzielczego V3.1, które można było poprawić (np. dodać fazę na brakującej krawędzi czy gratowanie detalu) były poprawiane na bieżąco, jednak przez działania korygujące, reszta procesów produkcyjnych była narażona na niewykonanie ich w terminie. Sztuki niezgodne bloku V3.1, których nie dało się poprawić były wykorzystywane (jeśli się nadawały) jako sztuki ustawcze w kolejnych mocowaniach w czasie obróbki skrawaniem, a w późniejszym kroku złomowane, co przynosiło stratę finansową przedsiębiorstwa. Reszta niezgodnych sztuk była przenoszona do izolatora braków, a z niego raz miesięcznie wszystkie sztuki niezgodne z produkcji były złomowane.

#### **Mocne strony procesu produkcyjnego**

Obserwując proces produkcyjny w przedsiębiorstwie MB-Pneumatyka, zauważyć można elementy, które zaliczyć można jako atuty działające na korzyść przedsiębiorstwa. Jako pozytywny aspekt wymieniać można przede wszystkim posiadanie przez zakład produkcyjny przedsiębiorstwa wysokiej wiedzy i wieloletniego doświadczenia (ang. know-how). Firma jest jedną z czołowych europejskich firm specjalizujących się w produkcji złącz pneumatycznych układów hamulcowych, której wyroby znajdują zastosowanie w większości pojazdów użytkowych polskich producentów. Wysoka jakość produktów firmy wielokrotnie potwierdzona przez jednostkę certyfikującą TUV oraz przyznane przez czołowe europejskie instytucje certyfikaty: ISO/TS 16949:2009 oraz ISO9001.

Kolejnym atutem jest nowoczesna infrastruktura przedsiębiorstwa. W nowo wybudowanej siedzibie firmy znajduje się nowoczesny park maszynowy w którym odbywają się wszelkie czynności około produkcyjne, mające wpływ na kształt półfabrykatów i wyrobu gotowego. Cały korpus bloku V3.1 jest wykonywany tylko w obszarze produkcji CNC, bez konieczności współpracy z innymi przedsiębiorstwami na powszechnie znanych zasadach kooperacji.

Na szczególną uwagę zasługuje stworzenie wysokiej jakości laboratorium badawczego dzięki któremu wykwalifikowana kadra inżynierska jest w stanie dokonywać bardzo dokładnych pomiarów, niezbędnych do wykorzystania w procesie produkcyjnym i około produkcyjnym. W laboratorium przedsiębiorstwa pracownicy mają do dyspozycji: komorę klimatyczną WEISS WKL 64/70, sprężarkę do wysokich ciśnień Atlas Copco LT3-30UVBN, optyczno-stykowo-laserową maszynę pomiarową WERTH-Scope CHECK 400x200 3D CNC, urządzenie do pomiaru chropowatości HOMMEL-Etamic W20SET, siłomierz cyfrowy Multitest 5-xt, projektor pomiarowym HELIOS 350H,

konturograf, komorę solną, wzbudniki drgań, twardościomierze do badań twardości metali i tworzyw sztucznych.

### Slabe strony procesu produkcyjnego

Głównym obszarem procesu, który wymagał niemal natychmiastowej poprawy to wydział produkcji CNC przedsiębiorstwa. Pracownicy, którzy wykonywali swoje obowiązki musieli bazować niemal tylko i wyłącznie na swoim doświadczeniu i własnym przygotowaniu do pracy (czynione notatki z wykonywanych czynności, powiększanie umiejętności w prywatnym gronie, itp.). Zakład w bardzo małym stopniu zapewniał pracownikom odpowiednie informacje o stanowiskach pracy i narzędziach, dzięki którym mogliby wykonywać swoje obowiązki dobrze i starannie.

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji pracy, rozmów z pracownikami produkcji, kadrą kierowniczą oraz podczas analizy procesu produkcyjnego wskazano na najsłabsze punkty procesu produkcyjnego w dziale produkcji przedsiębiorstwa (Tab. 4).

Tab. 4. Słabe punkty procesu produkcyjnego Działu produkcji bloku rozdzielczego V3.1.

L.P.	Wydział produkcji CNC
1	Konieczność szukania przez pracowników niezbędnych narzędzi produkcyjnych i pomocniczych niezbędnych do wykonania czynności produkcyjnych; konieczność szukania przez pracowników oprzyrządowania maszyn (np. tuleje zaciskowe ER).
2	Bardzo długi czas przygotowania materiału do produkcji (w czasie cięcia materiału możliwość przestoju obrabiarki); błędy wynikające z różnych długości przygotówki wykorzystanej w obróbce skrawaniem, ze względu na brak precyzyjnych narzędzi służących do przecinania prętów.
3	Konieczność częstych pomiarów narzędzi (przed każdym przebrojeniem), ze względu na niewystarczającą liczbę oprawek, brak systemu zapewniającego zapis wymiarów narzędzi, wykorzystanie małej ilości baz w programie CNC (brak możliwości zapisu kolejnych baz- przepływ informacji między pracownikami); brak dokumentacji technologicznej na wywołanie podprogramu pomiaru narzędzi w oprogramowaniu FCN 1.
4	Konieczność uzbrojenia obrabiarki w niezbędne narzędzia- brak przewodników pracy do wykonywanych czynności oraz dokumentacji technologicznej, która czynności te by ułatwiała.
5	Wyprodukowanie pierwszej sztuki jest kłopotliwe, przez ograniczone wykorzystanie baz, nie ujednolicone programy oraz brak nadzoru nad programami CNC w pamięci obrabiarki.
6	Czas produkcji bloku w mocnym stopniu uzależniony jest od czasu zmiany mocowania przez operatora.
<b>Myjnia</b>	
7	Przygotowanie myjni ultradźwiękowej do mycia korpusów, ze względu na różne stężenie środka myjącego w myjni, powodujące zabrudzenie wody lub pozosta-

	wanie osadów na detalu (brak nadzoru technologicznego).
<b>Wydział Montażu</b>	
8	Montaż wyrobu przez nowych pracowników, ze względu na brak aktualizacji w instrukcjach pracy wykonania detalu.

Unormowanie pracy poprzez wyeliminowanie słabych punktów procesu, powinno przyczynić się do optymalnego (względem istniejącego procesu) wykorzystania zasobów i przyczynić się do ustabilizowania całego procesu produkcyjnego.

### **3. OPTIMALIZACJA PROCESU PRODUKCYJNEGO BLOKU ROZDZIELACZA V3.1**

Główne problemy znajdowały swoje źródło w braku odpowiednio przygotowanych procesów produkcyjnych i stanowisk pracy, które bez odpowiedniego przygotowania i wdrożenia znacznie utrudniały pracę pracowników. Postanowiono wdrożyć elementy filozofii Lean Management w postaci jednego z jej narzędzi, tj. metody 5S, czyli usprawnienia elementów procesu produkcji w taki sposób, aby praca operatorów była nie tylko dobrze zorganizowana ale też by mogła odbywać się w warunkach, które wykluczają możliwość popełnienia błędu przez pracowników (Lichtarski J.).

Jednym z pierwszych słabych punktów procesu, który wymagał bardzo dużej ilości czasu w ciągu jednego przezbroyenia była konieczność przygotowania niezbędnych narzędzi (produkcyjnych, pomocniczych, oprzyrządowania maszyn). Było to bardzo czasochłonne, ponieważ przedsiębiorstwo MB-Pneumatyka nie posiadało w pełni zintegrowanego systemu gospodarki narzędziowej w przedsiębiorstwie.

Pierwszym krokiem w optymalizacji procesu produkcyjnego było uporządkowanie katalogu narzędziowego przedsiębiorstwa. Z istniejącego katalogu usunięto narzędzia niewykorzystane w procesie produkcyjnym, oraz te powtarzające się. Zaindeksowano wszystkie narzędzia produkcyjne, wyodrębniono nowe grupy narzędzi (narzędzia kształtowe, falowniki, gwintowniki, przyrządy pomocnicze) w celu szybszej ich identyfikacji. Po uporządkowaniu katalogu została podjęta decyzja o zorganizowaniu w przedsiębiorstwie magazynu narzędziowego, w którym przetrzymywane będą wszystkie narzędzia wykorzystane w obróbce skrawaniem. W wyniku umowy zawartej z głównym dostawcą narzędzi, wdrożono magazyn narzędziowy w postaci szafy narzędziowej Toolmanagnet firmy Guhring (Rys. 2). Jest to automat vendingowy, w którym umieszczono wszystkie narzędzia wykorzystane w obróbce skrawaniem zakładu. Każde narzędzie zostało przypisane do jednej przegrody w szufladzie szafy, a uprawnienia do pobrania i oddawania narzędzi otrzymali pracownicy z odpowiednim stażem pracy, którzy odpowiedzialni są za utrzymanie stanów magazynowych narzędzi. Olbrzymim plusem tego narzędzia optymalizacji pracy jest system wewnętrzny TM firmy Guhring, który poza możliwością nadawania uprawnień dla pracowników, pozwolił wzbogacić katalog narzędziowy o wizualizację narzędzi w postaci zdjęcia lub rysunku narzędzia lub przypisanie kodu kreskowego dla narzędzia, ale przede wszystkim usprawnił proces zakupu nowych narzędzi. Szafa narzędziowa w określonych dniach automatycznie wysyła raport



o stanach minimalnych narzędzi, co znacznie przyspiesza procedurę zakupową nowych narzędzi w zakładzie pracy, co dodatkowo zabezpiecza produkcję zgodnie z metodologią Lean Management (Just In time). Magazyn narzędziowy pozwolił również na przeprowadzenie nowych analiz dla narzędzi wykorzystanych w czasie produkcji. Analizy te pozwoliły na zaobserwowanie najczęściej wykorzystanych narzędzi w procesie produkcyjnym, zaobserwować godziny wykonywania zmian narzędzi, co można wykorzystać w zestawieniu z planem produkcyjnym czy występującymi kolizjami na obrabiarkach, które nie były zgłaszane do działu technologicznego czy do działu utrzymania ruchu.



### Lista Artykulow

Grupa narzędziowa: Frezy		
Kod kreskowy	Indeks	Obraz
	F001 Frez fi 6 z=2 VHM	

Rys. 2. Magazyn narzędziowy TM-326 firmy Guhring wdrożony w przedsiębiorstwie [1]

Kolejnym działaniem optymalizacji procesu produkcyjnego było wyznaczenie miejsca odkładczego na przyrządy pomocnicze, wykorzystane w obróbce skrawaniem na stanowisku pracy. W wyniku podjętych działań wyznaczono przy stanowisku FCN 1 miejsce na wszelkie przyrządy pomocnicze takie jak: podkładki wykorzystane w trakcie produkcji CNC, kątownik, dodatkowe zderzaki wykorzystane w mocowaniu detalu, przyrządy wykorzystane w trakcie gratowania korpusu, itp. rzeczy mające rzeczywisty wpływ na wydłużenie czasu na szukanie przedmiotów przez operatorów. W wyniku tego punktu wyznaczono również specjalny regał odkładczy na oprzyrządowanie maszyny, takie jak tuleje zaciskowe ER (Rys. 3). W myśl zasady 5S regał został oznakowany etykietą, a dla każdego oprawionego narzędzia została opracowana etykieta narzędzia z informacjami: nr gniazda w obrabiarence, indeks narzędzia, wymiary.



Rys. 3. Regal odkładczy na opracione narzędzia skrawające [1].

Kolejnym krokiem było opracowanie instrukcji wykonywania pomiaru narzędzi dla operatorów FCN 1. Instrukcja zawiera informację o prawidłowym wykonaniu pomiaru narzędzi, sposobie zamocowania sondy pomiarowej we wnętrzu komory obróbczej oraz co najważniejsze zawiera w swojej treści komendę służącą do wywołania podprogramu pomiaru narzędzi w obrabiarce FCN 1.

Ostatnim kroku wdrożono standaryzację stanowiska pracy, przy frezarce FCN 1. Na stole, który wliczany jest do stanowiska pracy operatora, wyznaczone zostało miejsce na każdą rzecz, którą wykorzystuje operator w czasie swojej pracy. W wyniku wyznaczenia miejsca, na stole operatora znalazły się specjalne kuwetki na dokumentację produkcyjną (zlecenia produkcyjne otwarte, zlecenia produkcyjne zrealizowane, plany kontroli), powstało miejsce na kuwetki na narzędzia pomocnicze, sztuki niezgodne, pod narzędzia pomiarowe zakupione zostały specjalne podkładki gumowe, w celu ochrony narzędzi pomiarowych przed zniszczeniem, zostało wyznaczone miejsce na oprzyrządowanie frezarki w postaci specjalnych uchwytów. Każdy operator został zobowiązany do utrzymania porządku w obszarze swojego stanowiska poprzez instrukcję pracy oraz zasady wewnątrz zakładowe.

W obszarze myjni wprowadzono system nadzoru nad działaniami utrzymania ruchu, który w teorii odpowiada za prace konserwacyjno- przeglądowe w przedsiębiorstwie. Utworzone zostały instrukcje wymiany wody w urządzeniach myjących, w których zamieszczono informację o prawidłowym sposobie dodawania środka myjącego o odpowiednim stężeniu procentowym. Dodatkowo dla pracowników wykonujących czynności przy procesie mycia, stworzono stanowiskowe instrukcje pracy, które są ogólnodostępne na obszarze myjni dla każdego pracownika.

W obszarze montażu wprowadzono plan aktualizacji instrukcji stanowiskowych. Postanowiono, że aktualizacja instrukcji pracy będzie wprowadzana kompleksowo dla danego detalu. W związku z czym została poprawiona instrukcja montażu i pakowania dla wyrobu bloku rozdzielczego V3.1, w wyniku czego ułatwiono wykonanie montażu wyrobu gotowego oraz spakowanie wyrobu dla klienta.

#### 4. WERYFIKACJA PROCESU PRODUKCYJNEGO BLOKU ROZDZIELACZA V3.1 PO OPTYMALIZACJI

Wszelkie wprowadzone zmiany w organizacji obszarów czy optymalizacji stanowisk prowadzić powinny do optymalnego zorganizowania całego procesu produkcyjnego w przedsiębiorstwie. Poprzez optymalny proces rozumie się tu tak uporządkowany proces organizacyjny, który przynosi przedsiębiorstwu zyski w postaci oszczędności czasu lub funduszy zaoszczędzonych w procesie produkcji czy też zwiększenia wydajności produkcyjnej.

Zmiany, które zostały wprowadzone zostały sprawdzane w regularnych odstępach czasu, poprzez przeprowadzenie obserwacji procesu produkcyjnego, pomiarów wykonywanych czynności oraz rozmów z pracownikami. Wyniki przeprowadzonej analizy zestawiono w tabeli 5.

Tab. 5. Czas potrzebny pracownikom na wykonanie czynności poszczególnych wydziałów w procesie produkcyjnym bloku V3.1 po wprowadzonych zmianach

L.P.	Wydział produkcji CNC	Czas
1	Znalezienie odpowiednich narzędzi obróbczych i pomocniczych na hali produkcyjnej niezbędnych do wykonania detalu zgodnie z rysunkiem konstrukcyjnym.	3-6 min
2	Pobranie z magazynu materiału w postaci prętów aluminium i ewentualne pocięcie go na odpowiedniej długości przygotówkę potrzebną do wykonania detalu.	10-20 min
3	Przygotowanie obrabiarki FCN 1 do wykonania obróbki skrawaniem.	10 min
4	Znaleźć na obszarze produkcji oprawki i tuleje zaciskowe ER niezbędne do wykonania korpusu bloku.	3-6 min
5	Pomierzyć narzędzia wykorzystane w obróbce skrawaniem	2-6 min
6	Przygotować niezbędne dokumenty produkcyjne poprzez pobranie z Intranetu (wyszukiwarka wewnątrz-zakładowa) odpowiedniego planu kontroli i karty pomiarowej dla bloku V3.1.	3 min
7	Wybrać odpowiedni program z pamięci obrabiarki.	1-3 min
8	Wyprodukować pierwszą sztukę detalu.	7-20 min
9	Uruchomić produkcję blok i wyprodukować określoną liczbę bloków (zgodnie z zamówieniem produkcyjnym).	7-15 min/ szt.
10	W czasie produkcji bloku wykonywać pomiary wynikające z planu kontroli.	8 min
11	Wyprodukowane korpusy bloku przekazać na obszar myjni.	2 min
<b>Myjnia</b>		
12	Przygotowanie myjni ultradźwiękowej do mycia korpusów.	3 min

L.P.	Wydział produkcji CNC	Czas
13	Przygotowanie części do programu mycia w myjni ultradźwiękowej	2 min
14	Umycie korpusów.	
15	Przekazanie umytych detali do wydziału montażu.	2 min
<b>Wydział Montażu</b>		
16	Przygotowanie odpowiednich stanowisk pracy, znalezienie przyrządów pomocniczych.	5 min
17	Pobranie z magazynu materiałów oraz półwyrobów potrzebnych do zmontowania wyrobu gotowego. Skompletowanie składowych zamówienia.	4 min
18	Zmontowanie wyrobów zgodnie z instrukcjami pracy.	2 min/ szt.
19	Zbadanie szczelności zmontowanego wyrobu.	0,5 min
20	Spakowanie wyrobu zgodnie z instrukcją pracy oraz przygotowanie paczki do wysyłki do klienta.	3 min

Przyjmując najdłuższe czasy w procesie produkcyjnym dla obszaru produkcji CNC, jako czas wykonania czynności przez pracowników udało się wprowadzić zmiany w obszarze pracy (m.in. 5S), które zaowocowały znacznym przyśpieszeniem procesu produkcyjnego. Czas na przygotowanie FCN 1 do pracy oraz wyprodukowanie pierwszej sztuki korpusu bloku V3.1 na FCN 1 przed optymalizacją produkcji wyniósł  $t_1=8$  godzin 35 minut. Po wdrożonych modyfikacjach w organizacji pracy, czas ten wyniósł  $t_2=1$  godzina i 29 minut.

## 8. POSUMOWANIE

Analiza omawianego zagadnienia organizacji, normowania i zarządzania procesami produkcyjnymi, potwierdza słuszność i konieczność wprowadzenia zmian w istniejącym procesie produkcyjnym przedsiębiorstwa MB-Pneumatyka. Obecny proces produkcyjny posiada wiele elementów, w których można zastosować odpowiednie metody organizacyjne, mające wpływ na polepszenie warunków pracy pracowników przedsiębiorstwa. Zoptymalizowanie procesu produkcyjnego znacznie skróciło czas potrzebny pracownikom zakładu na przygotowanie stanowiska pracy do realizacji określonych planów produkcyjnych, związanych z produkcją bloku rozdzielczego V3.1. Dzięki wprowadzonym zmianą w procesie, czas został skrócony o blisko 7 godzin (82% czasu potrzebnego przed optymalizacją procesu), co znacznie przyśpieszyło proces produkcyjny całego bloku rozdzielczego. Dodatkową korzyścią wynikającą z nowego zorganizowania stanowiska pracy jest fakt, że na stanowisku FCN 1 wykonywane są również inne bloki rozdzielcze, dlatego wprowadzone zmiany dotyczą również bezpośrednio procesu produkcyjnego dla gamy zbliżonych produktów, produkowanych w MB-Pneumatyce. Wszystkie wdrożone zmiany w procesie optymalizacji przyczyniły się bezpośrednio do

utrzymania specyficznych wymagań klienta oraz zapewniły realizację stawianym przez audytorów międzynarodowego koncernu TÜV wymogom, dotyczącym ochrony ludzi, środowiska i własności przed niekorzystnymi skutkami technologii, a także uzyskaniu certyfikatu jakościowego ISO/TS 16949

## LITERATURA

- [1] **Materiały wewnętrzne firmy MB-Pneumatyka**, (niepublikowane)
- [2] **Liowski B., Kozłowski R.:** *Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją*. Warszawa 2007. (a-wykaz literatury)
- [3] **Pasternak K.:** *Zarys zarządzania produkcją, PKE, Warszawa 2005*.
- [4] **Strzelecki T.:** *Podstawy organizacji i normowania pracy, PWE, Warszawa 1983*.
- [5] *Tool for productivity, quality, throughput, safety. „Management Services”. Vol. 50 (Issue 3), Autumn 2006.*
- [6] **Lichtarski J.:** *Podstawy nauki o przedsiębiorstwie, WAE, Wrocław 1997*.

# JAKOŚĆ W PROCESACH PRODUKCYJNYCH

## 1. WPROWADZENIE

Produkcja wyrobów charakteryzująca się najwyższą jakością oraz spełniająca wszystkie normy jakościowe, powinna być priorytetem dla firm zajmujących się wytwarzaniem. Podstawą w osiągnięciu satysfakcjonujących efektów jest wieloetapowa kontrola jakości produkcji i wyrobów. Realizacja wymogów stawianych przez różnego rodzaju normy, oczekiwania klienta oraz ciągle doskonalenie procesów produkcyjnych, uwzględniane są na każdym z etapów, wchodzących w skład ogólnego znaczenia produkcji. Gwarancją dostarczenia produktów wysokiej jakości jest odpowiedni dobór dostawców surowców, szczegółowa kontrola jakościowa na każdym etapie produkcji oraz sztab wyspecjalizowanych pracowników w zakresie kontroli jakości. Każdy z elementów składa się na końcowe zadowolenie klienta.

## 2. JAKOŚĆ

Pojęcie jakości jest powszechnie znane oraz stosowane w wielu dziedzinach życia, przez co istnieje wiele określeń. W produkcji, definicję tą określa norma ISO 9000, w której opisano jakość jako ogół cech i właściwości wyrobu, które decydują o zdolności wyrobu do zaspokajania stwierdzonych i przewidywanych potrzeb. Jakość można również zdefiniować jako właściwość, rodzaj danego przedmiotu oraz cechy wyróżniające dany przedmiot na tle innych [1].

Nad określeniem definicji jakości pracowało wielu uczonych. Jedno z przełomowych określeń sformułował J.M. Juran, będący twórcą spirali jakości. Stworzył szereg definicji opisujących jakość. Określił ją jako stopień, w jakim można wyrazić potrzeby danego nabywcy oraz w jakim stopniu te potrzeby zostały zaspokojone (tzw. Jakość rynkowa). J.M. Juran określił również pojęcie „jakość zgodności”, będącą stopniem zgodności produkowanego elementu z wymaganiami i wzorcowym modelem [2]. Uczony W.E. Deming definiuje to pojęcie jako stopień jednorodności i niezawodności wyrobu przy możliwie niskich kosztach i maksymalnym dopasowaniu do wymagań rynku. Kolejny uczony, P.B. Crosby określił, że jakość to zgodność z wymaganiami. Uważał, że jakością jest stopień zgodności ze specyfikacją a nie dobry produkt, a głównym elementem osiągnięcia jak najwyższego poziomu jest praktyka a nie jedynie ocenianie [3].

Analizując stwierdzenia w dziedzinie jakości, warto również wspomnieć o polskim uczonym Edwardzie Kindlarskim. Dla Profesora nauk technicznych, pojęcie jakości

oznaczało stopień uwolnienia wyrobu od wad i błędów. Uważał, że jakość jest całościem z uwzględnieniem struktury wewnętrznej i związkiem z otoczeniem [4].

### **3. HISTORIA JAKOŚCI**

W rozdziale znajdują się informacje, dotyczące ważnych wydarzeń dla rozwoju jakości. Rozdział rozpoczyna się przybliżeniem określeń jakości stworzonych przez Platona. Kolejnym etapem rozdziału jest podejście do jakości wyrobów w średniowieczu oraz w okresie rewolucji przemysłowej. Rozdział pt. „historia jakości” kończy się przedstawieniem kontroli jakości produkcji w XX w.

#### **3.1. Początki jakości**

Definicja oraz pojęcie jakości od zawsze towarzyszyły człowiekowi i były nieodłącznym elementem w dążeniu do perfekcji. Początkiem zdefiniowania terminu „jakość” uważa się okres (428-348 p.n.e.), w którym to Platon opisywał jakość jako rzeczywisty świat, który jest niedoskonałym odbiciem istniejących, doskonałych idei. Dla Platona jakość była pewnym stopniem doskonałości [5].

#### **3.2. Jakość w średniowieczu**

Początki średniowiecza nie były szczególnie owocne dla rozwoju w dziedzinie jakości. Dopiero powstanie cechów rzemieślniczych, które były organizacjami zrzeszającymi fachowców w danych dziedzinach, przyczyniło się do dbania o jakość przy produkcji wyrobu. Cechy rzemieślnicze wyróżniało to, że gromadziły specjalistów o dużych umiejętnościach, stosowały inspekcje, kontrole oraz były gwarantem ochrony przed nieuczciwymi pracownikami. Głównym sposobem określania jakości przez cechy rzemieślnicze było stosowanie znaków towarowych, który określał wykonawcę oraz miasto pochodzenia. Dla dokładniejszej weryfikacji, wykonywano spisy wszystkich członków a pieczęć na produkcie przybijana była przez wybranych członków, cieszących się największym uznaniem. Zakup tak oznaczonego produktu był gwarantem najwyższej jakości. Tylko wyroby o nienagannej jakości mogły zostać potwierdzone stosownym znakiem. Mistrz nie mógł pozwolić sobie na zatwierdzenie produktu niezgodnego, który mógłby nadszarpać jego reputację [6].

#### **3.3. Wpływ rewolucji przemysłowej na jakość produkcji**

Rewolucja przemysłowa, będąca wielkim krokiem naprzód, miała ogromny wpływ na każdą z dziedzin dotyczącą produkcji. Przewrót nie ominął również obszaru dotyczącego jakości produkcji oraz standardu jakości produkowanych elementów.

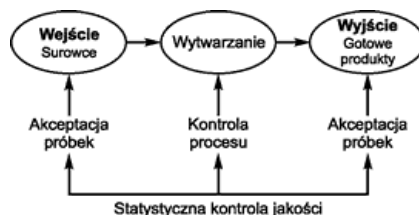
Ze względu na zastąpienie rzemieślniczej produkcji przemysłowym wytwarzaniem, oraz rozwijającym się handlem zagranicznym i rozszerzającym rynkiem zbytu, powstał olbrzymi popyt. Produkowanie na wielką skalę spowodowało sytuację, w której najważniejszym aspektem była ilość produkowanych elementów, natomiast jakość i dokładność stała się elementem drugorzędny. Brak określonych standardów jakościowych, odbiło się na klientach końcowych, którzy byli konsumentami wyrobów wątpliwej jakości.

Sytuacja krzywdząca klientów nie trwała długo, ze względu na rosnącą świadomość odbiorców. Duży rynek spowodował możliwość wyboru, który wpłynął na coraz to wyższe wymagania klientów. Efektem było powstawanie stowarzyszeń konsumenckich, będących swego rodzaju informatorem klienta w kwestii przysługujących mu praw.

Początkowym sposobem na rozwiązanie problemów, związanych z wątpliwą jakością produktów była wymiana wyrobu na nowy, pozbawiony wad. Prowadzenie tego typu polityki generowało olbrzymie koszty obciążające produkcję.

Zaistniała sytuacja wymusiła stworzenie procesów i stanowisk eliminujących jak największą ilość błędnych wyrobów, jeszcze na etapie produkcji, przed dostarczeniem do klienta. W ten sposób powstała metoda nazywana 'jakość przez sortowanie', która polegała na przydzieleniu pracownikowi stanowiska na którym decydował, czy wyprodukowany wyrób może trafić do klienta. Powstawanie stanowisk kontrolujących produkowane wyroby, wiązało się z wprowadzeniem dokładniej zdefiniowanych metod kontroli jakości. Początkowo były to metody ilościowe, będące podstawą statystycznej kontroli jakości, które polegały na coraz to bardziej szczegółowych kontrolach na różnych etapach produkcji [7].

Podstawą statystycznej kontroli jakości (rys. 1.1) jest wykonywanie wrywkowej kontroli jakości podczas produkcji, na różnych etapach. Kontrola polega na pobraniu, w sposób losowy produkowanego elementu, na którym wykonywane są szczegółowe badania, określające czy dana partia z której został pobrany produkt, spełnia określone wartości jakościowe.



Rys. 1.1. Statystyczna kontrola jakości [8]

### 3.4. Jakość w XX w.

Wiek XX był owocnym czasem, w zakresie pojęcia i stosowania jakości w produkcji. Już z początkiem lat 20, w okresie międzywojennym, W. Shewhart opracował stosowanie kart kontrolnych. Początkowo nie były stosowane na wielką skalę, jednak idea kart kontrolnych została rozpowszechniona, co spowodowało, że stała się głównym i podstawowym narzędziem statycznego sterowania procesami. Głównym celem kart jest minimalizacja zbędnych numeracji oraz możliwość obserwacji toku pracy. Służą również do kontroli zmienności oraz identyfikacji zaistniałych przyczyn wad [9].

Punktem zwrotnym w dziedzinie jakości były lata 50 XX w, w których to grupa amerykańskich uczonych m.in. William Edwards Deming i Joseph Juran udali się do Japonii, by wspomóc tamtejszy przemysł w odbudowanie, który był zniszczony działaniami wojennymi. Specjaliści pracowali nad koncepcją statystycznej kontroli jakości w proce-



sie produkcji. Efektem wspólnych prac było wiele nowych koncepcji, nowatorskich poglądów oraz spostrzeżeń o jakości np. TQM [10].

#### **4. ZARZĄDZANIE JAKOŚCIĄ TQM**

Skrót TQM pochodzi od angielskiego Total Quality Management, który oznacza kompleksowe zarządzanie jakością lub zarządzaniem przez jakość. Według polskiego uczonego, Zbigniewa Kłosa, TQM można określić jako sposób zarządzania przedsiębiorstwem w sposób charakteryzujący się podejściem systemowym, skierowanym na strategiczne cele oraz zdolnością i dążeniem do ciągłej poprawy.

W dążeniu do jak najwyższego poziomu jakości, niezbędne jest zaangażowanie wszystkich pracowników, niezależnie od zajmowanego stanowiska. Efektem wysiłków ma być spełnienie potrzeb klienta. TQM wykracza poza standardową granicę definicji jakości, będącą jedynie kontrolą na ostatnim etapie produkcji. W jej zamyśle elementami podlegającymi ciągłemu doskonaleniu są również procesy wspomagające, które mają duży udział na końcowy efekt produkcji oraz na koszty jego wytworzenia [10].

Filozofią i głównymi elementami, cechującymi definicje TQM są:

- ulepszenie, próba ciągłego doskonalenia procesów produkcji,
- monitorowanie oraz redukcja kosztów związanych z kontrolą jakości,
- polepszanie stosunków z dostawcami.

#### **5. ETAPY ROZWOJU ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ**

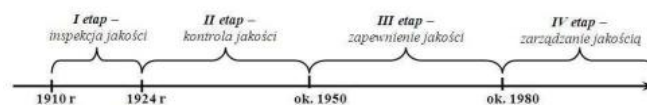
Rozwój metod kontroli jakości oraz ich ewolucję na przestrzeni XX wieku przedstawić można za pomocą etapów (rys. 1.2). Każdy z kolejnych etapów został zapoczątkowany, ważnym dla pojęcia jakości określeniem lub metodą precyzującą mechanizmy w dążeniu do jak najlepszych wyników [11].

I etap – inspekcja jakości, której za początek uważany jest rok 1910, charakteryzował się stworzeniem stanowisk, na których inspektorzy analizowali gotowy produkt, pod kątem zgodności z wzorcem.

II etap – kontrola jakości. Została zapoczątkowana przez Shewharta w 1924 roku, przez wdrażenie kart kontrolnych. Dodatkowo wprowadzono sprzężenie zwrotne, pomiędzy rezultatami kontroli a produkcją. W procesie kontroli uczestniczył pracownik.

III etap – zapewnienie jakości. Etap charakteryzujący się rozwinięciem dotychczasowych osiągnięć w dziedzinie jakości. Określono regulację, planowanie i symulowanie jakości.

IV etap – zarządzanie jakością, określane również jako metoda (TQM), w dziedzinie jakości zaowocowała w inny punkt spojrzenia. Zdefiniowano je jako narzędzie do powiększania przewagi nad konkurencją z planowaniem strategicznym.



Rys 1.2. Schemat przedstawiający etapy rozwoju zarządzania jakością [11]

## 6. METODY JAKOŚCIOWE I ILOŚCIOWE W KONTROLI

Rozdział zawiera wyjaśnienie definicji jakości oraz porównanie jakościowych i ilościowych metod kontroli jakości. W porównaniu zostały przedstawione wady i zalety oraz przykładowy porównywanych metod kontroli jakości.

### 6.1. Definicja

Kontrola Jakości (ang. Quality Inspection) - to działania mające na celu sprawdzenie, zmierzenie lub przetestowanie jednej lub więcej cech produktu i odnoszenie wyników do wyspecjalizowanych wymagań w celu potwierdzenia zgodności [12]. Zadanie to zwykle wykonywane jest przez wyspecjalizowany personel i nie wchodzi w zakres obowiązków pracowników produkcyjnych. Produkty niezgodne ze specyfikacjami są odrzucane lub przekazywane do poprawienia [13].

Kontrola może mieć następującą formę:

- bierna, która dotyczy gotowych wyrobów i polega na eliminowaniu złych produktów,
- czynna, obejmująca całokształt procesu wykonania, a w trakcie jej trwania następuje identyfikacja źródeł błędów,
- całkowita, w czasie gdy kontroli jakości podlegają wszystkie wytworzone wyroby. Jest to metoda kosztowna, ale najpewniejsza,
- częściowa (wrywkowa), gdy sprawdza się określoną ilość produktów wybranych według określonego algorytmu, najczęściej losowego. Metoda ta często nosi nazwę statystycznej kontroli jakości. W zasadzie statystyczna kontrola jakości jest wariantem kontroli wrywkowej, której przebieg ustala się na podstawie danych statystycznych i rachunku prawdopodobieństwa.

### 6.2. Jakościowe metody kontroli jakości

Jakościowa metoda kontroli jakości polega na analizie wizualnych cech produktu, kiedy niekonieczna jest reprezentatywność wyników, a podstawą jest ogólna charakterystyka wyprodukowanego wyrobu. Głównym celem przeprowadzania badania jakościowego jest wykonanie rzetelnego opisu oraz uzyskania informacji najwyższej jakości do poszerzenia stanu wiedzy o badanych wyrobach. Prowadzenie badań jakościowych pozwala na weryfikowanie dotychczasowej wiedzy oraz wprowadzaniu korekt w istniejących stanach informacji. W porównaniu do metod ilościowych, badania jakościowe nie są w żaden sposób usystematyzowane. Ze względu na brak określonych norm, wynikiem badań nie jest statystyczna liczba, a nowa informacja będąca poradą dla specjalistów, projektantów, kontrolerów, która pomaga w zrozumieniu potrzeb oraz wymagań klien-

tów. Ze względu na koszty wynikające z przeprowadzenia jakościowej analizy, stosowana jest na zdecydowanie mniejszą skalę, niż metoda ilościowa.

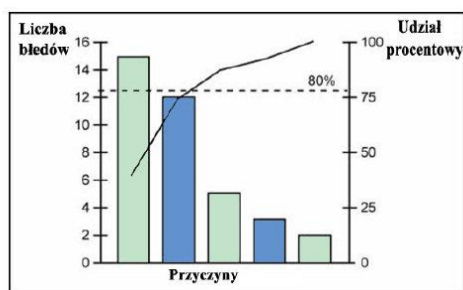
Dobrym przykładem ilustrującym wykonywanie jakościowej metody jest badanie sprzedawanego już gotowego wyrobu. Badanie atrakcyjności produktu nie opiera się na podstawie ilości sprzedanych produktów, a na informacji decydującej o tym, że klienci zainteresowali się właśnie tym produktem i co zdecydowało o tym, że wybrali właśnie ten produkt [14].

### 6.2.1. Zalety oraz wady

Każdy rodzaj badań ma swoje zalety jak i wady. Nie inaczej jest w przypadku jakościowych metod kontroli jakości. Badanie to dostarcza nowych informacji na temat analizowanego wyrobu, co wpływa na objętość wiedzy nowej jakości oraz pomaga lepiej zrozumieć mechanizmy działania analizowanych zagadnień. Wadą badań jakościowych jest punkt spojrzenia badającego, przez co wynik może być subiektywny, nie odzwierciedlający zdania innych o badanym wyrobie.

### 6.2.2. Diagram Pareto-Lorenza

Diagram Pareto-Lorenza umożliwia kwalifikację czynników wpływających na badane zjawisko. Jest graficznym obrazem, wskazującym względne oraz bezwzględne rozkłady istniejących rodzajów błędów i ich przyczyn (rys.2.1). Analizując diagram Pareto-Lorenza można określić jaki mały procent możliwych przyczyn odpowiedzialny jest za zdecydowaną większość zaistniałych problemów z jakością. Zasada umożliwia znalezienie 20% przyczyn odpowiedzialnych za 80% strat [14].



Rys 2.1. Przykład diagramy Pareto-Lorenza [14]

### 6.2.3. Arkusze kontrolne

Arkusze kontrolne to niezwykle proste oraz przydatne narzędzie, niezbędne przy porządkowaniu informacji, zbieranych podczas analizy przebiegu procesu. Występuje w postaci graficznej, umożliwiającej umieszczanie danych dotyczących częstotliwości występowania problemów lub zdarzeń podczas produkcji. Arkusze kontrolne charakteryzują się krótkim czasem przygotowania, niskimi kosztami realizacji, wysoką efektywnością oraz możliwością dopasowania się do procesów, które mają zostać przeanalizo-

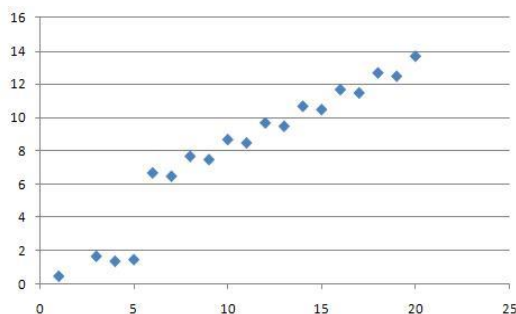
wane. Kaoru Ishikawa podzielił arkusze kontrolne ze względu na ich funkcje, w następujący sposób:

- arkusze wykorzystywane do wykonywania rozkładu prawdopodobieństwa procesu,
- określające częstotliwość występowania wad podczas wykonywania procesu,
- przedstawiające liczebność wad oraz przypisanie im powodów powstania,
- arkusze wykorzystywane do realizacji kolejnych kroków procedury.

#### 6.2.4. Wykres rozproszenia

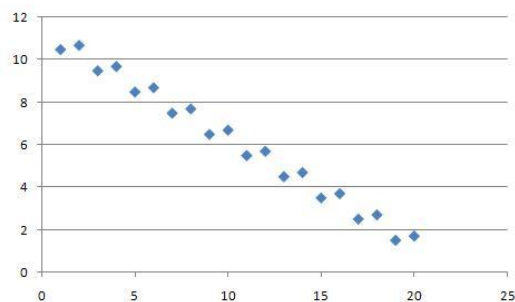
Wykres rozproszenia, inaczej nazywany punktowym diagramem korelacji jest narzędziem wykorzystywanym przy doskonaleniu procesów jakości. Przedstawia zależności oraz relacje pomiędzy dwoma zmiennymi, w formie wykresów. Zadaniem narzędzia nie jest znalezienie skutków zachodzących pomiędzy dwoma procesami a jedynie ustalenie, czy badane zmienne oddziałują wzajemnie na siebie. Wykonując analizę przeprowadzonych badań, można dowiedzieć się, czy istnieją związki pomiędzy procesami. W przypadku ustalenia więzi, wykres rozproszenia pozwala określić siły tych związków. Narzędzie pozwala np. na przeanalizowanie wpływu jakości na wzrost lub spadek popytu produkowanego wyrobu.

Przypadek, w którym wzrost wartości jednego procesu związany jest ze wzrostem drugiego procesu nazywany jest korelacją dodatnią (rys. 2.2). Przykładem może być związek pomiędzy planowaną liczbą produkcji wyrobu a kosztami związanymi z tą produkcją [15].



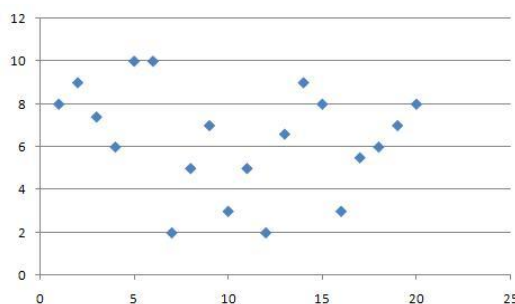
Rys 2.2. Korelacja dodatnia [15]

Korelacja ujemna występuje, gdy spadek wartości jednego procesu związany jest ze spadkiem drugiego procesu (rys. 2.3).



Rys 2.3. Korelacja ujemna [15]

Brakiem korelacji nazywamy, sytuację w której w żaden sposób nie można zaobserwować zależności pomiędzy porównywanymi procesami (rys. 2.4).



Rys 2.4. Brak korelacji [15]

### 6.3. Ilościowe metody kontroli jakości

Narzędzia do wykonywania ilościowej próby jakościowej stworzone zostały do przeprowadzania pomiarów określonych zjawisk lub wyrobów. Badania ilościowe pomagają w wyznaczeniu ważnych dla całego wyrobu danych oraz umożliwiają wnioskowanie statystyczne. Prowadzony pomiar jest powtarzalny, co w przypadku zastosowania tych samych narzędzi, przy identycznej próbie i takich samych warunkach da nam wynik identyczny lub będzie się różnić, jednak w granicach błędu statystycznego. Głównym celem jest weryfikacja oraz szacowanie częstotliwości występowania wad oraz ilościowa weryfikacja hipotez [16].

Przeprowadzanie ilościowych metod badawczych najczęściej przebiega w dużych próbach, przy określeniu narzędzia oraz techniki badawczej oraz dąży się do nadania określonych miar [17].

#### 6.3.1. Zalety oraz wady

W badaniach ilościowych, skupiających się na pomiarach i ich dokładnych wynikach, największą zaletą jest możliwość porównywania ze sobą grup oraz możliwość zdefinio-

wania czynników wpływających na badany wyrób. Za główne wady można uznać brak szerszego kontekstu badanych zjawisk, pochopne wyciąganie wniosków oraz możliwe błędy, wynikające z niedokładności przeprowadzenia badań.

Sytuacją najbardziej miarodajną jest połączenie wyników badań ilościowych i jakościowych w sposób taki, aby mogły się uzupełniać. Badania ilościowe i jakościowe nie stanowią przeciwstawnych propozycji badań stosowanych. Najczęściej wykorzystywanym sposobem łączenia badań ilościowych i jakościowych w ramach projektu badawczego, jest stosowanie badań jakościowych jako wstępu do badań ilościowych.

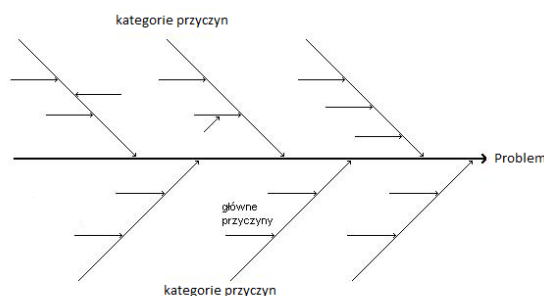
### 6.3.2. Wykres przyczyn i skutków

Znany jako diagram Ishikawy, charakteryzujący się kształtem rybiej ości, skąd również nazwa diagram rybiej ości. Metoda pomocna w analizie i identyfikacji wszystkich przyczyn, będących powodami zaistniałego problemu. Ishikawa określił 5 głównych przyczyn problemów, określanych jako 5M: Ludzie, metody, maszyny, materiały, zarządzanie.

W celu zastosowania wykresu przyczyn i skutków, należy dokładnie zdefiniować problem z jakim mamy do czynienia, zebrać wszystkie informacje oraz zastanowić się nad możliwymi przyczynami. Dobrą metodą przy tworzeniu diagramu jest tzw. „burza mózgów”, która umożliwia zebranie jak największej ilości informacji o problemie od zespołu pracującego nad jego rozwiązaniem.

### 6.3.3. Budowa diagramu przyczyn i skutków

Głównym punktem diagramu jest pozioma oś skierowana w prawą stronę, na końcu której zapisany jest problem. Natomiast osie pochyle, skierowane na główną oś, są podstawowymi możliwymi przyczynami problemu. Do każdej pochylonej osi przyporządkowane są poziome strzałki, które zdefiniować można jako elementy składowe powstałego problemu (rys.2.6).



Rys. 2.6. Przykład diagramu Ishikawy

### 6.3.4. Analiza diagramu

Stworzony diagram (rys.2.6) należy przeanalizować oraz ustalić prawdopodobnie najważniejsze przyczyny powstałego problemu. Kolejnym krokiem jest opracowanie dzia-

łań korygujących, niwelujących powstałą przyczynę w taki sposób, aby nie była powodem do powstawania problemu.

## 7. POSUMOWANIE

Dowolnie przeprowadzana analiza procesów produkcyjnych oraz wprowadzanych metod kontroli jakości w dowolnym przedsiębiorstwie produkcyjnym pokazuje jaką ważną częścią dzisiejszej produkcji oraz istnienia każdej firmy na rynku jest jakość produktu. Świadomość oraz wymagania klienta, dla którego priorytetem jest jakość, idąca oczywiście w parze z przystępną ceną, kreują produkt, który pod tym kątem musi być ciągle udoskonalany. Tak przeprowadzana analiza prezentuje jak dowolna firma produkcyjna dokłada wszelkich starań, aby każdy produkt opuszczający magazyn, był gwarancją zadowolenia klienta. Argumentem, będącym podstawą do tego typu sformułowań, może być przeprowadzana w większości firm produkcyjnych właśnie wspomniana kontrola jakości każdego wykonanego przez nie produktu, która stwierdza i potwierdza zgodność wyprodukowanego wyrobu z założeniami początkowymi. Dzięki prowadzeniu tak skrupulatnej oraz dokładnej kontroli jakości, wyklucza się wprowadzenie do sprzedaży wyrobów wadliwych.

Pomimo wszelkiego rodzaju maszyn wykorzystywanych do produkcji, urządzeń monitorujących czy pomiarowych, które zapewniają produkcję wyrobów na wysokim poziomie jakości, bardzo szybko można dojść do wniosku, że głównym czynnikiem wpływającym na efekt końcowy w całym procesie produkcji jest człowiek. Wyszkolony pracownik dla którego wykonywana praca jest satysfakcjonująca oraz w której może się realizować i rozwijać jest dla firmy gwarantem, że swoje obowiązki będzie wykonywać rzetelnie i dokładnie. W związku z tym, wszelkie decyzje o wykorzystaniu półproduktów w dalszym procesie produkcyjnym, wizualne kontrole jakości, czy kontrola ciągłości procesu produkcji są ważnymi czynnikami, wpływającymi na efekt końcowy produkcji, za które odpowiedzialny jest pracownik. Dlatego każde przedsiębiorstwo, aspirujące do produkowania produktów najwyższej klasy, powinno stwarzać swoim pracownikom jak najlepsze warunki pracy.

Bardzo często wykonywana analiza procesów produkcyjnych pokazuje, że praca nad poziomem i kontrolą jakości wyprodukowanego produktu, zaczyna się dużo wcześniej niż produkcja samego elementu. Zatrudnieni specjaliści do spraw jakości, do obowiązków których należy między innymi tworzenie i aktualizacja księgi jakości, prowadzenie polityki, wdrażanie norm jakościowych oraz procedur jakości wyznaczają normy oraz wszystkie standardy, które przestrzegane podczas produkcji, zagwarantują produkt spełniający wszystkie wymagania klienta. Dlatego, bardzo ważnym elementem ich pracy jest również wsłuchanie się w opinie, uwagi klientów, by uwzględniając wszystkie normy i standardy dostosować produkt do aktualnych potrzeb i wymagań.

Analiza wpływu wykorzystywanych metod kontroli jakości na produkt końcowy w dowolnym przedsiębiorstwie potwierdza tezę, że wyprodukowanie produktu w pełni satysfakcjonującego klienta, wiąże się z ogromnym nakładem pracy wszystkich pracowników tej firmy, a jakość jest nieodłączną częścią w produkcji, która aby spełniać swoje funkcje musi być na bieżąco aktualizowana.

Według opinii wielu specjalistów, wszelkie prowadzone działania przez firmy produkcyjne, mające na celu kontrolę oraz poprawę jakości produkowanych wyrobów są odpowiednio dobrane do rodzaju produkowanych elementów. Warto pamiętać o tym, że to sytuacja na rynku, w którym głównym czynnikiem jest klient, wpływa na proces produkcji. Każdy nowy trend, sytuacja, nowości technologiczne wpływają na rynek, który poprzez dynamiczne zmiany wpływa na charakter produkowanego produktu. Dlatego to co dziś jest odpowiednio dobrane i spełnia swoją funkcję nie jest gwarantem, że w nowej sytuacji również będzie odpowiednie. Politykę jakości należy prowadzić i aktualizować na bieżąco, uwzględniając wszystkie czynniki w sposób, który prowadzi do ciągłego samodoskonalenia wszystkich procesów oraz produkowanych wyrobów przy równoległym kierowaniu się potrzebami klienta.

## LITERATURA

- [1] **Wawak T.:** *System jakości ISO 9000*, Wydawnictwo Informacji Ekonomicznej, Kraków (1996)
- [2] **Wilczek M.:** *Podstawy zarządzania projektem inwestycyjnym*, Wyd. Akademii Ekonomicznej, Katowice (2002)
- [3] **Rutkowski I.:** *Strategie produktu. Koncepcje i metody zarządzania ofertą produktową*, Polskie 28. Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa (2011)
- [4] **Kindlarski E., Bagiński J.:** *Podstawy zarządzania przez jakość (TQM)*, Wydaw. Bellona, Warszawa (1994)
- [5] **Kiliński A.:** *Jakość*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa (1979)
- [6] **Zymonik Z.:** *Wytwarzanie w średniowiecznych organizacjach rzemieślniczych pierwsza generacja zarządzania jakością*, „Problemy Jakości” nr 9/2004
- [7] **Lisiecka K.:** *Kreowanie Jakości*, Wydawnictwo Uczelniane Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice (2002)
- [8] **Waters D.:** *Typologia statystycznej kontroli jakości*, s. 317
- [9] **Myszewski J.M.:** *Zarządzanie zmiennością. Systemowe spojrzenie na metody statystyczne w zarządzaniu jakością*, Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemysle „ORGMAZ”, Warszawa (1998)
- [10] **Kindlarski E., Bagiński J.:** *Podstawy zarządzania przez jakość (TQM)*, Wydaw. Bellona, Warszawa (1994)
- [11] **Olszewska A.M.:** *Karty kontrolne nowej generacji w zarządzaniu jakością produkcji*, Rozprawa doktorska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa (2002)
- [12] **Skotnica-Zasadzań B., Wolniak R.:** *Zarządzanie jakością dla inżynierów*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej (2010)
- [13] **Hamrol A., Mantura W.:** *Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa (2002)
- [14] **Dahlgaard J.J., Kristesen K., Kanji K.:** *Podstawy zarządzania jakością*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa (2001)



- 
- [15] **Steczkowski J., Zeliaś A.:** *Metody statystyczne w badaniu zjawisk jakościowych*, Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków (1999)
- [16] **Hague P.:** *Badania marketingowe – planowanie, metodologia i ocena wyników*, Wydawnictwo Helion, Gliwice (2006)
- [17] **Koden R.J.:** *Badania marketingowe*, PWE, Warszawa (2008)

# **ZASTOSOWANIE METODYKI DMAIC DO USPRAWNIANIA PROCESU PRZEBRAJANIA**

## **WPROWADZENIE**

Postęp techniczny i rozwój technologiczny powoduje, że konkurencja staje się coraz większa, a każde przedsiębiorstwo produkcyjne, żeby utrzymać się na rynku, musi poddać nowym, coraz większym wymaganiom. Wymagający klienci zwracają uwagę na takie wartości, jak: niezawodność, jakość produktu czy nawet czas oczekiwania. Stąd, coraz większe znaczenie dla przemysłu mają systemy techniczne, a w szczególności działy utrzymania ruchu, które muszą dbać o zespoły maszyn, urządzenia, zautomatyzowane i zrobotyzowane linie produkcyjne. Bez odpowiedniej wiedzy i umiejętności, jakość produktu może być niższa od zamierzonej, a czas realizacji zamówień może się wydłużyć. To dzięki systemowi produkcyjnemu, polegającemu na stopniowym, ale ciągłym doskonaleniu oraz rozwoju pracowników przedsiębiorstwo jest w stanie poddać wymaganiom, jakie się przed nim stawia [1,2,3,4,5].

Do utrzymania pozycji lidera (a przynajmniej „gracza”) na rynku, nie wystarczy tylko dobry produkt czy nowoczesna technologia. Współczesna rywalizacja wymusza od przedsiębiorstwa coraz większych wysiłków, a w szczególności minimalizację strat produkcyjnych, zapewnienia ciągłości przepływu materiałów, a przede wszystkim bezawaryjności zidentyfikowanych procesów, w tym najważniejszego tj. technologicznego.

## **1. WORLD CLASS MANUFACTURING JAKO METODA ZARZĄDZANIA I ELIMINACJI KONKURENCJI**

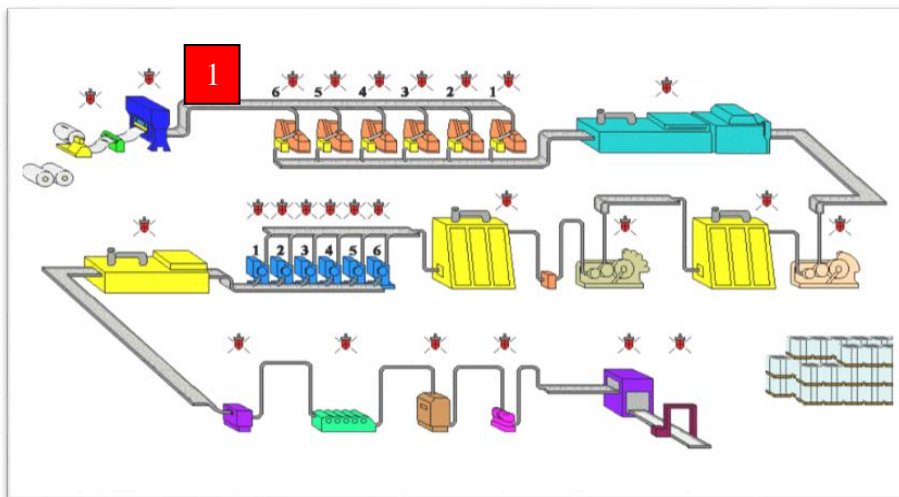
Filozofia funkcjonowania koncernu samochodowego Toyota, stała się wzorem do naśladowania w przedsiębiorstwach, które chcą sprawnie konkurować na rynku. Metodologia World Class Manufacturing (WCM) wzoruje się na systemie TPS (Toyota Production System), który implementuje i wykorzystuje szeroko rozumianą filozofię Lean Manufacturing. Analizowane w niniejszym artykule przedsiębiorstwo należy do ważniejszych „graczy” na rynku i jest wiodącym producentem opakowań na rynku światowym. Ponad dwudziestoletnie doświadczenie w branży produkcyjnej szeroko rozumianej tzn. produkcji puszek aluminiowych dwuczęściowych głęboko tłoczonych, puszek okrągłych stalowych dla przemysłu spożywczego i chemicznego, puszek kształtowych chemicznych, zamknięć koronowych i opakowań szklanych pozwala na wdrażanie nowych rozwiązań, schematów i nowego spojrzenia na proces przetwarzania i zmiany asortymentu.

Projekt wdrożenia World Class Manufacturing oparto na stałym i ciągłym wkładzie wszystkich osób, które pracują w przedsiębiorstwie, począwszy od kierownictwa, na pracownikach linii produkcyjnej kończąc. Główną ideą zastosowania tego rozwiązania była redukcja strat, awarii, defektów i wypadków. Stąd podczas wdrażania WCM założono ulepszenie działań systemu organizacyjnego przedsiębiorstwa, aby osiągnąć światowy poziom konkurencyjności. W programie wdrożenia WCM założono następujące cele:

- maksymalizacja wyników systemu produkcyjnego przy jednoczesnym przestrzeganiu programów logistycznych i założonych celów jakościowych,
- zapewnienie ewolucji systemu produkcyjnego, ukierunkowanego na wzmocnienie konkurencyjności.

W związku z tym przyjęto następujące założenia:

- produkowane puszki muszą być wyrobem spełniającym oczekiwania klienta;
- przedsiębiorstwo samodzielnie będzie dostosowywać się do oczekiwań naszych odbiorców.



Rys. 1. Schemat linii produkcyjnej puszek aluminiowych dwuczęściowych głęboko tłoczonych [opr. własne]

W badanym przedsiębiorstwie zostały poddane analizie dwie linie produkcyjne, które zajmują powierzchnię 9 tys. m<sup>2</sup>. Każda z nich to kilkadziesiąt maszyn i transporterów tworzących nierozzerwalną całość. Produkcja puszek sprowadza się do wprowadzenia przez operatora taśmy aluminiowej do prasy pionowej i zapewnieniu niezbędnych materiałów oraz zachowania ciągłości procesu produkcyjnego. Mowa tutaj o lakierach, chemii, farbach, paletach itd., a następnie magazynowaniu wyrobu gotowego w magazynie. Produkcja utrzymywana jest w systemie czterobrygadowym w reżimie 365 dni / rok.

Średnia wydajność dobową to około 3 mln puszek, co w zestawieniu rocznym daje nam ponad 1 mld gotowego wyrobu.

Badany wydział produkuje aluminiowe puszki w asortymencie rozmiarowym: 250ml, 330ml i 500ml. Produkcja odbywa się na dwóch liniach. Poglądowy schemat jednej linii przedstawiono na rysunku 1.

W prezentowanym rozwiązaniu poddano analizie czas przezbrojenia linii produkcyjnej celem jego redukcji. Jednak, z uwagi na ilość zasobów do analizy, w pierwszym etapie skoncentrowano działania tylko na jednym z wąskich gardeł w procesie technologicznym, jakim była prasa pionowa (prasa oznaczona numerem 1 na rysunku 1). Projekt obejmował tylko jedną z dwóch linii ze względu na możliwość jej przezbrajania. Dla powyższego zadania skonkretyzowano cel cząstkowy tj. redukcję czasu przezbrojenia o 10-15% dla sumarycznego czasu potrzebnego do przezbrojenia linii technologicznej.

## **2. REDUKCJA PRZEBROJENIA „WĄSKIEGO GARDŁA” - OPIS PROBLEMU**

Proces zmian rozpoczęto od organizacji spotkania z załogą i wyjaśnieniu pracownikom obecności dodatkowej osoby monitorującej ich pracę. Założono, że brak podstawowej wiedzy może wpłynąć na dezorganizację prac w obawie przed narzuceniem norm przezbrojenia. Należy tutaj zaznaczyć, że takie działania, nie były brane wcześniej w żadnym przypadku pod uwagę. Przedstawienie celu, jako potrzeby organizacji miejsca pracy i sposobu realizacji przezbrojenia miało pomóc obsłudze w realizacji zadań stawianych przez kierownictwo. Pomimo cyklicznych szkoleń przeprowadzanych w ramach WCM przypomniano, że „STRATY” to wszystko to, co nie tworzy dodatkowej wartości produktu i za co klient nie będzie chciał zapłacić. W efekcie przygotowany i doinformowany zespół mógł przystąpić do kolejnego działania tj. przezbrajania wybranej linii (fragment rejestracji prac przezbrajania zaprezentowano na rysunku 2)

W związku z tym, trzech pracowników liniowych przystąpiło do przezbrojenia. Wyznaczony pracownik monitorujący przezbrojenie, miał za zadanie zapisania w minutach długości wykonywania poszczególnych czynności przez pracowników. Dodatkowym zadaniem było również określenie czynności z podziałem na zewnętrzne i wewnętrzne, które są jednym z elementów implementowanej metody SMED.

				2015-01-17 DAC 150-84 25ci -> 33ci	Zr
czas	Operator A (prowadzący) mistrz Przemek	Operator B Marek, potem Remigiusz	Operator C Łukasz		
14:28			Odniesienie węży, układanie węży na palecie. Węże układane są grupami według miejsca montażu.		
14:29		odkręcenie węży od górnej rury i suwaka wewnętrznego	demontaż złączki w wewnętrznym suwaku		
14:30					
14:31		drobne konsultacje przy maszynie			
14:32	powrót mistrza, wycieranie dolnego narzędzia i układanie bloków zabezpieczających	odkręcenie węży od górnej rury i suwaka wewnętrznego	czyszczenie obszaru przy rolce podającej (indeksującej), usuwanie ścinków		
14:33					
14:34		odkręcanie narzędzia od suwaków	pomoc, asekuracja		
14:35					
14:36					
14:37			przyniesienie lampy, podawanie kluczy		
14:38		przyniesienie kluczy z czterema uchwyłami (korb) do regulacji położenia suwaków	oczekiwanie		
14:39		luźnienie śrub suwaka przez otwór po zdjęciu bocznej osłony (prawej)	opuszczanie suwaka zewnętrznego za pomocą klucza		
14:40					
14:41		luźnienie śrub suwaka przez otwór po zdjęciu bocznej osłony (lewej)	przyniesienie rury zakładanej na klucz		
14:42			odkręcenie śrub mocujących górne narzędzie do suwaka zewnętrznego (wzrostie maszyny)		

Rys. 2. Wycinek formularza przebrojenia prasy do tłoczenia puszek [opr. własne]

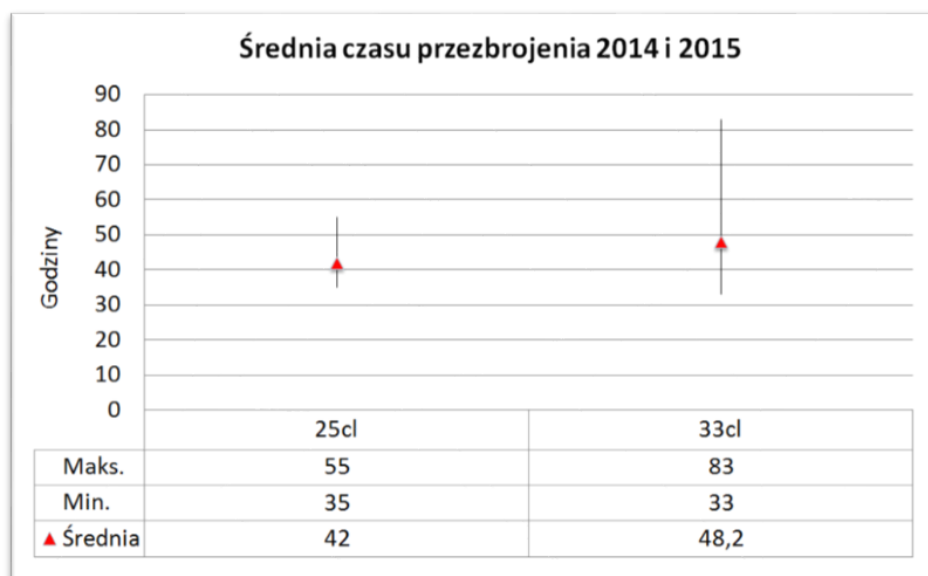
### 3. METODA BADAWCZA

Do badania procesu przeobrażania wykorzystaną filozofię Lean Six Sigma nakierowaną na doskonalenie wydajności procesów. W tym celu posłużono się metodą DMAIC (ang. Define Measure, Analyze, Improve, Control, czyli Definiowanie Mierzenie Analizowanie Usprawnianie i Kontrola), umożliwiającą obiektywne spojrzenie na problem i zrozumienie. Prowadzi ona do jak najgłębszej analizy procesu i pozwala na podjęcie trafnych i skutecznych kroków usprawniających. Poszczególne fazy metody są ściśle określona drogą dochodzenia do usprawnień procesów w przedsiębiorstwie. Należą do nich: faza Define czyli identyfikacja i opisanie podstawowych problemów w analizowanym procesie oraz opisanie spodziewanych rezultatów z wprowadzanych zmian. Faza Measure to zebranie danych historycznych ukazujących nam, jaka jest aktualna wydolność procesu, połączone z dokładną analizą systemu pomiarowego. Faza Analyze służy do analizy procesu (zrozumienie wszystkich powiązań i zależności zachodzących w procesie) oraz identyfikacji przyczyn problemów. Faza Improve czyli realizacja usprawnień, które zaplanowano w fazie Define. Stąd zaprojektowanie i wdrożenie idealnego procesu sprawdza się do wyeliminowania nie przynoszących wartości dodanej operacji oraz działań podwójnych, standaryzacji, redukcji czasu cyklu, usunięcia wąskich gardeł, redukcji liczby przejść, przeglądów i czynności dodatkowych, łączenia pokrewnych działań oraz zwiększenia współpracy z klientami i dostawcami. Na końcu pozostaje faza Control czyli stworzenie i realizacja planu wdrożenia, kontrola i monitorowanie wydajności usprawnionego procesu oraz prawidłowe przekazanie go właścicielowi. Metodologia

DMAIC daje możliwość ciągłego obniżania kosztów własnych, poprzez redukcję kosztów złej jakości (ang. COPQ - Cost of Poor Quality), podniesienie produktywności wynikające z podniesienia efektywności procesów, eliminacji kosztów usuwania błędów, a także kosztów zapobiegania awariom.

### Faza Measure

Dane dotyczące długości czasu przezbrojeń w badanym przedsiębiorstwie były zbierane od początku działalności. Wcześniej jednak nie podejmowano działań ukierunkowanych na metodologicznym zweryfikowaniu problemu. Zbierane dane były wprowadzane do wspólnego arkusza w MS Excel, w którym podlegały jedynie benchmarkingowi, dotyczącemu kto przezbroił linię w jakim czasie. Analiza w żaden sposób nie wносиła wartości dodanej dla osób analizujących przeprowadzane zmiany asortymentu. Zwizualizowane to zostało na rysunku 3.

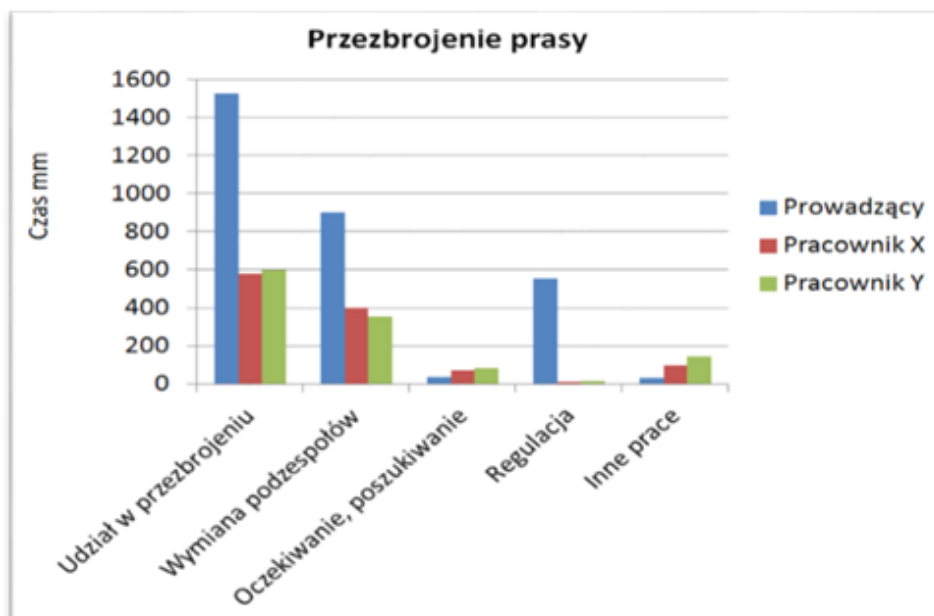


Rys. 3. Średnia czasu przezbrojenia z dwóch ostatnich lat [opr. własne]

Analiza danych historycznych pokazała, dużą rozpiętość czasu pomiędzy przezbrojeniami. Zatem, sugerowały one możliwość redukcji czasu przezbrojenia linii. Aby to zweryfikować przestąpiono do przezbrojenia. Każda wykonywana czynność, oczekiwanie, przerwa, czyszczenie, poszukiwanie np. kluczy przez operatora itd. została opisana w formularzu przedstawionym na rysunku 2. Długi czas przezbrojenia wymuszał również zmianę operatorów i osób monitorujących co 8 godzin. Zebrane dane zarejestrowano w postaci elektronicznej przy pomocy odpowiednio przygotowanego formularza MS Excel.

### Faza Analize

Celem fazy Analize było przeanalizowanie czynności i zadań z przebrojenia, odnotowanych w formularzu pomiarowym. Czynności pogrupowano względem pięciu podstawowych kategorii: udział w przebrojeniu, wymiana podzespołów, oczekiwanie i poszukiwanie, regulacje, inne prace. Każda z kategorii uwzględniała trzech podstawowych pracowników; prowadzący, pracownik X i pracownik Y. Wiedza i doświadczenie każdego z pracowników była adekwatna do wykonywanej pracy. Następnie sumowano czas poświęcony na konkretne czynności przypisując je danemu pracownikowi. Rysunek 4 przedstawia graficznie zebrane dane.



Rys. 4. Kategorie przebrojenia prasy [opr. własne]

### Faza Improve

W oparciu o zebrane dane, a następnie przeprowadzone konsultacje z biorącymi udział w przebrojeniu operatorami i kierownictwem wydziału, wspólnie przeanalizowano poszczególne etapy. Przeprowadzona burza mózgów pozwoliła na wyselekcjonowanie podstawowych propozycji zmian w trakcie realizowania przebrojenia prasy. Tabela 1 przedstawia zestawienie podjętych działań.

Tabela 1 Wyselekcjonowanie oczekiwań do przezbrojenia prasy.

Lp.	Kategorie przezbrojenia	Sugerowane usprawnienia
1	<p>Udział w przezbrojeniu</p> <p>Przyjęto, że nierównomierny udział w przezbrojeniu każdego z operatorów jest rzeczą naturalną. Wynika to z tego że, prowadzący tzw. starszy operator był najbardziej doświadczonym a zarazem pracownikiem odpowiedzialnym za przezbrojenie prasy.</p>	Ewentualne szkolenia z przezbrojenia wszystkich operatorów biorących w nim udział.
2	<p>Wymiana podzespołów</p> <p>Przezbrojenie z samej nazwy polega na wymianie i dostosowaniu maszyny do realizacji kolejnego, nowego zlecenia produkcyjnego. W związku z tym niezbędne jest poświęcenie odpowiedniej ilości czasu na te czynności. Uwagę zwrócono na szereg powtarzanych czynności które, można byłoby zastąpić innymi nowszymi rozwiązaniami tj.</p>	Odkręcanie 24 węży zastąpić szybkozłączkami.
		Demontowaną drabinę na wejściu do prasy można zastąpić mocowaniem na zawiasach eliminując potrzebę jej demontażu.
		Prasa i tłocznik z elektromagnesem.
		Trudny i uciążliwy demontaż i montaż rolki indeksującej wyposażać w serwomotor umożliwiający odsuwanie rolki od prasy bez demontażu.
3	<p>Oczekiwanie, poszukiwanie</p> <p>Czynności, które najczęściej wynikały z błędnie zorganizowanej pracy, bądź miejsca składowania lub magazynowania podzespołów do przezbrojenia.</p>	Organizacja pracy osób biorących udział w przezbrojeniu (harmonogram, podział prac itd.)
		Zbudowanie stojaka dla narzędzi wraz z oprzyrządowaniem pomogłoby w redukcji czasu poszukiwania poszczególnych elementów niezbędnych do przezbrojenia.
4	<p>Regulacje</p> <p>Dokładniejsze regulacje wstępne w znaczący sposób mogłyby przyczynić się do skrócenia czasu na tym etapie</p>	Zastosowanie stałych przymiarów i wzorców dostosowanych do średnicy puszek może poprawić efektywność przeprowadzonych regulacji.
5	Inne prace	Poprawa organizacji miejsca pracy przy zastosowaniu metodyki 5S.



Lp.	Kategorie przebrojenia	Sugerowane usprawnienia
		Przemianowanie możliwych czynności wewnętrznych na zewnętrzne.
		Opracowanie instrukcji przebrojenia prasy wraz z wizualizacją poszczególnych czynności.

Wczesny etap fazy Imrovenie nie brał pod uwagę kosztów, które należało ponieść na realizację proponowanych usprawnień. Dla zweryfikowania przyszłych wydatków Dział Utrzymania Ruchu otrzymał zadanie zweryfikowania kosztów i zebranie ofert dostawców. Wszystkie koszty zestawiono z szacunkowymi oszczędnościami wynikającymi z wdrożenia proponowanych usprawnień.



Rys. 5. Wstępne koszty i oszczędności czasu [opr. własne]

### Ryzyko proponowanych usprawnień

Analizę ryzyk wdrożenia proponowanych rozwiązań określono w trzech kategoriach przedstawionych w tabeli 2.

Tabela 2 Lista ryzyk wdrożenia proponowanych zmian.

Lp.	Ryzyko	Przyczyna
1.	Koszty	Zbyt wysoka cena do korzyści, jakie można z tej zmiany osiągnąć.
2.	Możliwość wdrożenia	Zmiany konstrukcyjne maszyn mogą nie być zaakceptowane przez akceptującego projekt. Zmiana złącza może przyczynić się do nieoczekiwanych problemów maszynowych.
3.	Czas	Przyjęto, że łatwe do wdrożenia elementy zostaną wdrożone w jak najkrótszym czasie. Jednak część prac musi być wykonana w trakcie przezbrojenia. Pełnia sezonu produkcyjnego i duże obłożenie zamówieniami nie dopuszcza przedłużenia przezbrojeń. Takie działania mogą być realizowane tylko w okresie zimowym, gdzie jest zdecydowanie niższe obłożenie zamówieniami.

### Realizacja Fazy Improve

W tabeli 3 przedstawiono przyjęty harmonogram wdrożenia usprawnień procesu przezbrojenia prasy Minster. W wyniku analizy ważności i trudności wdrożenia ustalono terminy realizacji poszczególnych rozwiązań.



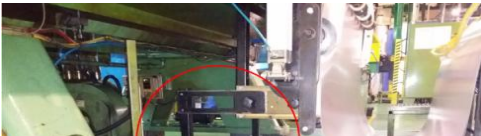
Tabela 3 Harmonogram prac


Lp.	Elementy składowe przezbrojenia	Sugerowane propozycje/rozwiązania	Realizacja
1	Udział w przezbrojeniu	Ewentualne szkolenia z przezbrojenia wszystkich operatorów biorących w nim udział.	Realizacja i organizacja szkoleń
2	Wymiana podzespołów	Odkręcane 24 węży zastąpić szybko-złączkami.	Testowo na jednym gnieździe (montaż zaraz po zakupie).
		Prasa i narzędzie prasy z elektromagnesem.	Ofertowanie, zgoda akceptującego projekt.

<i>Lp.</i>	<i>Elementy składowe przebrojenia</i>	<i>Sugerowane propozycje/rozwiązania</i>	<i>Realizacja</i>
		<i>Demontowaną drabinkę na wejściu do prasy można zastąpić mocowaniem na zawiasach eliminując potrzebę jej demontażu.</i>	<i>Realizacja w trakcie kolejnego przebrojenia</i>
		<i>Trudny i uciążliwy demontaż i montaż rolki indeksującej wyposażać w serwomotor umożliwiający odsuwanie rolki od prasy bez demontażu.</i>	<i>Ofertowanie, zgoda akceptującego project.</i>
3	<i>Oczekiwanie, poszukiwanie</i>	<i>Organizacja pracy osób biorących udział w przebrojeniu (harmonogram, podział prac itd.)</i>	<i>Realizacja na wyznaczonej linii produkcyjnej wg harmonogramu</i>
		<i>Zbudowanie stojaka dla narzędzi wraz z oprzyrządowaniem pomogłoby w redukcji czasu poszukiwania poszczególnych elementów niezbędnych do przebrojenia.</i>	<i>Projekt i realizacja przez Dział Utrzymania Ruchu wg harmonogramu.</i>
4	<i>Regulacje</i>	<i>Zastosowanie stałych przymiarów i wzorców dostosowanych do średnicy puszki może poprawić efektywność przeprowadzonych regulacji.</i>	<i>Realizacja na wybranej linii produkcyjnej przez Dział Utrzymania Ruch w terminie do kolejnego przebrojenia.</i>
5	<i>Inne prace</i>	<i>Poprawa organizacji miejsca pracy przy zastosowaniu metodologii 5S.</i>	<i>Realizacja na wybranej linii produkcyjnej wg harmonogramu.</i>
		<i>Przemianowanie możliwych czynności wewnętrznych na zewnętrzne.</i>	<i>Realizacja na wybranej linii produkcyjnej wg harmonogramu.</i>
		<i>Opracowanie instrukcji przebrojenia prasy wraz z wizualizacją poszczególnych czynności.</i>	<i>Realizacja na wybranej linii produkcyjnej wg harmonogramu.</i>

Harmonogram prac stał się impulsem do rozpoczęcia realizacji mało kosztowych usprawnień jak również właściwej organizacji stanowiska pracy. Realizacja Fazy Improve wraz z korzyściami i problemami w trakcie wdrożenia przedstawia tabela 4.

Tabela 4 Realizacja usprawnień.

Lp.	Zrealizowane usprawnienia	Efekt wdrożenia	Korzyści/ Problemy
1	Szkolenia	Wyższa wiedza biorących udział w przezbrojeniu.	Korzyści: Płynniejsze przezbrojenie.
			Problemy: Trudność organizacyjna przy pracy cztero brygadowej.
2	Organizacja miejsca pracy. Wdrożenie standardów 5S		Korzyści: Zorganizowane miejsce pracy. Wszystko na miejscu miejsce na wszystko.
			Problemy: Nie stwierdzono
3	Stojak dla narzędzi		Korzyści: Narzędzia, części do przezbrojeń w jednym miejscu
			Problemy: Nie stwierdzono.
4	Demontaż drabinki na wejściu do prasy		Korzyści: Brak potrzeby korzystania z wózka widłowego.

Lp.	Zrealizowane usprawnienia	Efekt wdrożenia	Korzyści/ Problemy
			<p><i>Problemy:</i> Zmiana koncepcji w trakcie wdrażania. Zamiast zawiasów zdecydowano się na montaż uchylnych kółek.</p>
5	Harmonogram prac	Organizacja pracy poprzez wskazanie prac, kto co wykonuje na wcześniej przygotowanym opisie wizualizowanym na tablicy.	<p><i>Korzyści:</i> Każdy wie co powinien robić.</p> <p><i>Problemy:</i> Nie stwierdzono.</p>
6	Oznaczenia dla regulacji	Oznaczono na suwakach wartości przypisane do średnicy puszeki	<p><i>Korzyści:</i> Dokładniejsza wstępna regulacja.</p> <p><i>Problemy:</i> Nie stwierdzono</p>
7	Instrukcja		<p><i>Korzyści:</i> Dokładne podpowiedzi jak postępować w trakcie demontażu poszczególnych elementów. Instrukcja dostępna online na stanowisku.</p> <p><i>Problemy:</i> Nie stwierdzono.</p>
8	Czynności wewnętrzne	Zmniejszenie czasu przezbrojenia	<p><i>Korzyści</i> Drobne korzyści w czasie przezbrojenia.</p>

<i>Lp.</i>	<i>Zrealizowane usprawnienia</i>	<i>Efekt wdrożenia</i>	<i>Korzyści/ Problemy</i>
			<i>Problemy Nie stwierdzo- no.</i>

Niestety ograniczenia finansowe i zastrzeżenia akceptującego projekt do potrzeby dużych inwestycji, wstrzymały dalsze prace nad projektem w kwestii inwestycyjnej. W związku z tym trudno jest obecnie wskazać jak mocno te ograniczenia wpłynęły na efekt redukcji czasu przezbrojenia prasy.

## WNIOSKI

Część organizacyjna Fazy Improve, gdzie wkład finansowy był niewielki a nawet znikomy, została zrealizowana w znacznym stopniu. Jednak pełnia sezonu produkcyjnego utrudniała zweryfikowanie wprowadzonych zmian w czasie przezbrojenia. Realizacja zamówień zgodnie z oczekiwaniami klienta jest priorytetem i nikt nie może sobie pozwolić na testowe lub też próbne przezbrojenia maszyny czy też linii.

Ważnym punktem jest fakt, że firma nie może przeprowadzać dużych projektów związanych z ingerencją w maszyny w trakcie tzw. sezonu. Wiąże się to z problemem dostępności maszyn, co rozumiemy jako brak możliwości ich zatrzymania i modernizacji. Jest to bezpośrednio związane z możliwością realizacji przyjętego harmonogramu Fazy Improve a zarazem planowania przyszłych projektów.

Natomiast sukcesem zakończyła się forma informowania pracowników o celowości wykonywanych pomiarów, która w znacznym stopniu przyczyniła się do zmniejszenia przekłamań w zakresie zbierania danych. Analiza uwzględniła również umiejętności pracowników, które nie były brane pod uwagę we wcześniej prowadzonych projektach.

## LITERATURA

- [1] **Ejdys J., Kobylińska U., Lulewicz A.:** *Zintegrowane systemy zarządzania jakością, środowiskiem i bezpieczeństwem pracy. Teoria i praktyka.* Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 2006.
- [2] **Fedoryszyn A.:** *Zintegrowane systemy zarządzania.* Centrum Szkolenia i Organizacji Systemów Jakości, Kraków 2010.
- [3] **Hamrol A.:** *Zarządzanie jakością z przykładami.* PWN, Warszawa 2008.
- [4] **Łunarski J.:** *Systemy zarządzania bezpieczeństwem w przedsiębiorstwie.* Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2006.
- [5] **Żemigala M.:** *Jakość w systemie zarządzania przedsiębiorstwem.* Placet, Warszawa 2009.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] **Czerska J.**, *Pozwól płynąć swojemu produktowi. Tworzenie ciągłego przepływu*, Placet, Warszawa 2012.
- [2] **Dahlgaard J.J., Kristesen K., Kanji K.**: *Podstawy zarządzania jakością*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa (2001)
- [3] Dokumentacja FIG <https://github.com/php-fig/fig-standards> Ostatni dostęp: 20.03.2016
- [4] Dokumentacja vTiger <https://community.vtiger.com/help/> Ostatni dostęp: 05.01.2016
- [5] Dokumentacja YetiForce <https://yetiforce.com/pl/dokumentacja.html> Ostatni dostęp: 20.03.2016
- [6] **Drucker P.F.**: *Zarządzanie w XXI wieku*, PWE, Warszawa 2000, s.39.
- [7] **Dyche J.**, *CRM – relacje z klientami*, Wyd. Helion Gliwice 2002.
- [8] **Ejdys J., Kobylińska U., Lulewicz A.**: *Zintegrowane systemy zarządzania jakością, środowiskiem i bezpieczeństwem pracy. Teoria i praktyka*. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 2006.
- [9] **Folejewska A.**: *Analiza FMEA – zasady, komentarze, arkusze*, Wyd. VerlagDashofer, Warszawa 2010.
- [10] **Fedoryszyn A.**: *Zintegrowane systemy zarządzania*. Centrum Szkolenia i Organizacji Systemów Jakości, Kraków 2010.
- [11] **Greber T.**: *Statystyczne sterowanie procesami – doskonalenie jakości z pakietem STATISTICA*. StatSoft Polska Sp.zo.o., Kraków 2000.
- [12] **Griffin R.W.**: *Podstawy zarządzania organizacjami*, PWN, Warszawa 2004, s.6.
- [13] **Grudzewski W. M., I.K. Hejduk**, *Metody projektowania systemów zarządzania*, Wyd. Difin Warszawa 2004.
- [14] **Hague P.**: *Badania marketingowe – planowanie, metodologia i ocena wyników*, Wydawnictwo Helion, Gliwice (2006)
- [15] **Hamrol A., Mantura W.**: *Zarządzanie jakością*, PWN, Warszawa-Poznań 2002.
- [16] **Hamrol A.**: *Zarządzanie jakością z przykładami*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2008.
- [17] **Hamrol A.**: *Zarządzanie jakością z przykładami*, PWN, Warszawa 2013.
- [18] **Kiliński A.**: *Jakość*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa (1979)
- [19] **Kindlarski E., Bagiński J.**: *Podstawy zarządzania przez jakość (TQM)*, Wydaw. Bellona, Warszawa (1994)
- [20] **Klonowski Z.J.**, *Systemy informatyczne zarządzania przedsiębiorstwem – Modele rozwoju i właściwości funkcjonalne*, Oficyna wydawnicza Politechniki Wrocławskiej Wrocław 2004.
- [21] **Koden R.J.**: *Badania marketingowe*, PWE, Warszawa (2008)

- [22] **Kolman R.:** *Kwalitologia. Wiedza o różnych dziedzinach jakości.*, Wydawnictwo Placet, Warszawa 2009.
- [23] **Legutko S.,** *Trendy rozwoju utrzymania ruchu urządzeń i maszyn*, Eksploatacja i Niezawodność, Polskie Naukowo – Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne, nr 2, 2009.
- [24] **Lichtarski J.:** *Podstawy nauki o przedsiębiorstwie*, WAE, Wrocław 1997.
- [25] **Lisiecka K.:** *Kreowanie Jakości*, Wydawnictwo Uczelniane Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice (2002)
- [26] **Liwowski B., Kozłowski R.:** *Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją*. Warszawa 2007. (a-wykaz literatury)
- [27] **Lotko A.,** *Zarządzanie relacjami z klientem: strategię i systemy*, Wydawnictwo Politechnika Radomska, Radom 2003 s.56-57.
- [28] **Łuczak J., Matuszak-Flejszman A.:** *Metody i techniki zarządzania jakością*. Kompendium wiedzy, Quality Progress, Poznań 2007.
- [29] **Lunarski J.:** *Systemy zarządzania bezpieczeństwem w przedsiębiorstwie*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2006.
- [30] **Majewski Ł.:** *Nowoczesne Zarządzanie*, Comarch SA, 2012,2,s.78.
- [31] **Mazur A., Golaś H.:** *Zasady, metody i techniki wykorzystywane w zarządzaniu jakością*, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010.
- [32] **Myszewski J.M.:** *Zarządzanie zmiennością. Systemowe spojrzenie na metody statystyczne w zarządzaniu jakością*, Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemysle „ORGMAZ”, Warszawa (1998)
- [33] **Olszewska A.M.:** *Karty kontrolne nowej generacji w zarządzaniu jakością produkcji*, Rozprawa doktorska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa (2002)
- [34] **Pasternak K.:** *Zarys zarządzania produkcją, PKE, Warszawa 2005.*
- [35] **Robaszkiewicz M.:** *Praca zespołowa w doskonaleniu procesu zarządzania jakością*. Dostęp w Internecie: [archiwum.parp.gov.pl/partnerinfo/przewodnik/28dz24.rtf](http://archiwum.parp.gov.pl/partnerinfo/przewodnik/28dz24.rtf) (15.01.2016)
- [36] **Rudnicki J.:** *Zarządzanie ciągłym doskonaleniem*, Instytut Organizacji i Zarządzania, Politechnika Wrocławska. Dostęp w Internecie: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:p-F1\\_BxkyIgJ:www.ioz.pwr.wroc.pl/pracownicy/rudnicki/default\\_pliki/Zarz%25C4%2585dzanie%2520ciag%25C5%2582ym%2520doskonaleniem%25206%2520sigma.ppt+&cd=1&hl=pl&ct=clnk&gl=pl](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:p-F1_BxkyIgJ:www.ioz.pwr.wroc.pl/pracownicy/rudnicki/default_pliki/Zarz%25C4%2585dzanie%2520ciag%25C5%2582ym%2520doskonaleniem%25206%2520sigma.ppt+&cd=1&hl=pl&ct=clnk&gl=pl) (15.01.2016)
- [37] **Rutkowski I.:** *Strategie produktu. Koncepcje i metody zarządzania ofertą produktową*, Polskie 28. Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa (2011)
- [38] **Shimokawa K.,** *Lean management – narodziny systemu zarządzania*, Lean Enterprise Institute, Warszawa 2011.
- [39] **Skotnica-Zasadań B., Wolniak R.:** *Zarządzanie jakością dla inżynierów*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej (2010)



- 
- [40] **Steczkowski J., Zeliaś A.:** *Metody statystyczne w badaniu zjawisk jakościowych*, Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków (1999)
- [41] **Strzelecki T.:** *Podstawy organizacji i normowania pracy*, PWE, Warszawa 1983.
- [42] **Szczepańska K.:** *Zarządzanie jakością. W dążeniu do doskonałości*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2011, s. 22.
- [43] **Szczepańska K.:** *Koszty Jakości*, Wydawnictwo Placet, Warszawa 2009.
- [44] *Tool for productivity, quality, throughput, safety. „Management Services”. Vol. 50 (Issue 3), Autumn 2006.*
- [45] **Waters D.:** *Typologia statystycznej kontroli jakości*, s. 317
- [46] **Wawak T.:** *System jakości ISO 9000*, Wydawnictwo Informacji Ekonomicznej, Kraków (1996)
- [47] **Wilczek M.:** *Podstawy zarządzania projektem inwestycyjnym*, Wyd. Akademii Ekonomicznej, Katowice (2002)
- [48] **Wolniak R.:** *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2013.
- [49] **Womack J.P., Jones D.T., Roos D.:** *Maszyna, która zmieniła świat*, Prod-Press.com, Wrocław 2008.
- [50] **Zymonik Z.:** *Wytwarzanie w średniowiecznych organizacjach rzemieślniczych pierwsza generacja zarządzania jakością*, „Problemy Jakości” nr 9/2004
- [51] **Żemigala M.:** *Jakość w systemie zarządzania przedsiębiorstwem*. Placet, Warszawa 2009.

## AUTORZY

**Daniel Dębowski**, dr inż., Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Budowy i Eksploatacji Maszyn, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: j.jakubowski@ibm.uz.zgora.pl

**Karol Dąbrowski** mgr., Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: k.dabrowski@iizp.uz.zgora.pl

**Julian Jakubowski**, dr inż., Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: j.jakubowski@iizp.uz.zgora.pl

**Dawid Jung**, inż. absolwent Wydziału Mechanicznego (Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją), Uniwersytet Zielonogórski, e-mail: JungDawid@gmail.com,

**Kamil Leksycki**, Park Naukowo-Technologiczny Uniwersytetu Zielonogórskiego Sp. z o.o. e-mail: K.Leksycki@pnt.uz.zgora.pl

**Robert Kieliszewski** inż. absolwent Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Mechanika i Budowa Maszyn

**Tomasz Matuszak** absolwent studiów pierwszego stopnia, kierunku „Informatyka” w Wyższej Szkole Zawodowej w Nysie

**Natalia Nowakowska** mgr inż., absolwentka Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji

**Justyna Patals-Maliszewska**, dr hab. inż., prof. UZ, Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: j.patals@iizp.uz.zgora.pl

**Marek Salamaj**, dr inż., Wydział Mechaniczny (Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją), Uniwersytet Zielonogórski, e-mail: M.Salamaj@iizp.uz.zgora.pl, tel.: 68-328-4738

**Aneta Seniuk**, inż. absolwentka Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji

**Katarzyna Skrzypek** mgr., Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: k.skrzypek@iizp.uz.zgora.pl

**Tadeusz Szmigielski** dr inż., Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: t.szmigielski@iizp.uz.zgora.pl

**Waldemar Woźniak** dr inż., Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: [w.wozniak@iizp.uz.zgora.pl](mailto:w.wozniak@iizp.uz.zgora.pl)