

Anna Mazur

Siedem tradycyjnych i siedem nowych narzędzi zarządzania jakością



Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej
Poznań 2023

Recenzent

dr. hab. Tomasz Bartosz Kalinowski, prof. UŁ

Redakcja

Aleksandra Sikorska-Krystek, Rozalia Wojkiewicz

Projekt okładki

Maria Dojutrek

Skład i łamanie

Piotr Osiecki, Garmond Oficyna Wydawnicza



Zezwala się na korzystanie na warunkach licencji *Creative Commons – uznanie autorstwa – na tych samych warunkach 4.0* (znanej również jako CC-BY-SA) dostępnej pod adresem <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> lub innej wersji językowej tej licencji, lub którejkolwiek późniejszej wersji tej licencji opublikowanej przez organizację Creative Commons.

ISBN 978-83-7775-705-5 (wersja elektroniczna)

<https://doi.org/10.21008/b.978-83-7775-705-5>

Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej

ul. Piotrowo 5

61-138 Poznań

tel. 61 665 35 16

e-mail: wydawnictwo@put.poznan.pl, wydawnictwo.put.poznan.pl

Spis treści

Wprowadzenie	5
1. Istota stosowania narzędzi zarządzania jakością	7
1.1. Rola doskonalenia w organizacjach.....	7
1.2. Pojęcie i klasyfikacja narzędzi zarządzania jakością.....	21
2. Siedem tradycyjnych narzędzi zarządzania jakością	24
2.1. Diagram procesu.....	24
2.2. Diagram Ishikawy (diagram przyczynowo-skutkowy).....	34
2.3. Diagram Pareto-Lorenza.....	42
2.4. Histogram.....	47
2.5. Diagram korelacji (punktowy).....	52
2.6. Arkusz kontrolny.....	57
2.7. Karta kontrolna.....	60
3. Siedem nowych narzędzi zarządzania jakością	77
3.1. Diagram relacji.....	77
3.2. Diagram pokrewieństwa.....	82
3.5. Diagram strzałkowy.....	88
3.4. Drzewo decyzyjne.....	91
3.5. Diagram macierzowy.....	94
3.6. Macierzowa analiza danych.....	99
3.7. Wykres programowy procesu podejmowania decyzji.....	102
Podsumowanie	106
Bibliografia	107
Spis tabel	111
Spis rysunków	112

Wprowadzenie

Problematyka zarządzania jakością dotyczy każdego obszaru gospodarki. Spełnienie wymagań klienta – odnoszących się do wyrobów i usług – a ponadto działanie w taki sposób, żeby sprostać innym potrzebom, to wyzwanie każdego przedsiębiorcy. Jeśli do tego zagadnienia dodamy mechanizmy wolnego rynku i chęć zdobywania klienta (walkę konkurencyjną i dążenie do pozycji lidera w danej branży), zagadnienie zarządzania jakością staje się jeszcze bardziej istotne.

Współcześnie osiągnięcie sukcesu nie jest możliwe bez właściwego podejścia do doskonalenia procesów organizacji. Przedsiębiorstwa borykają się z wieloma problemami, wśród których nadrzędnym okazuje się sposób produkcji wyrobów o wymaganej jakości przy możliwie niskich kosztach produkcji. W jaki sposób realizować usługi, które będą zaspokajały wymagania klientów, bez zwiększenia zaangażowania zasobów i innych nakładów? Kwestie te wpływają na szereg działań i decyzji w organizacji. Żeby sprawnie, skutecznie i efektywnie rozwiązywać bieżące problemy, trzeba znać odpowiednie narzędzia zarządzania jakością. Siedem tradycyjnych i siedem nowych narzędzi zarządzania jakością to klasyka. Ułatwiają one realizację zadań i celów nie tylko w codzienności organizacyjnej, pracy zespołowej, lecz także pomagają w rozwiązywaniu problemów, znalezieniu przyczyn przeróżnych zdarzeń, analizach ilościowych czy jakościowych, w udowodnieniu siły wpływu i relacji, w procesach decyzyjnych, kontroli i analizie osiągniętych wyników.

Oddaję w Państwa ręce opracowanie, którego celem jest podniesienie kompetencji stosowania siedmiu tradycyjnych i siedmiu nowych narzędzi zarządzania jakością. Zagadnienia poukładano tematycznie: od idei ciągłego doskonalenia w organizacjach do prezentacji każdego z narzędzi.

Narzędzia opisano teoretycznie, następnie przedstawiono procedurę stosowania i przykłady, wśród których odnaleźć można szerokie spektrum zagadnień. Dla pełnego zrozumienia tematu przygotowałam dla Państwa zadania do samodzielnego przemyślenia i wykonania. Jestem przekonana, że taki trzyetapowy proces zdobywania wiedzy – przyswojenie informacji teoretycznych, prześledzenie przykładu praktycznego i samodzielne rozwiązywanie zadań – sprawi, że podnoszenie kompetencji będzie nie tylko efektywne, lecz także przyjemne.

1. Istota stosowania narzędzi zarządzania jakością

1.1. Rola doskonalenia w organizacjach

Dążenie przedsiębiorstwa do ciągłego zwiększania skuteczności, efektywności, wydajności oraz zdolności do zaspokajania potrzeb interesariuszy, a także konsekwentne przedsięwzięcia podejmowane w celu lepszej adaptacji do otaczającego środowiska, to główne przyczyny działania w zakresie doskonalenia. Doskonałość określa się jako „najwyższy stopień cech dodatnich, brak wad, bycie doskonałym, idealnym, wzorowość” (*Wielki słownik języka polskiego PWN*, 2018).

Henry Ford – założyciel Ford Motor Company – powiedział: „Firmy, które rosną dzięki rozwojowi i ulepszeniom nie zginą. Ale kiedy firma przestaje być twórcza, kiedy uważa, że osiągnęła doskonałość i teraz musi już tylko produkować – już po niej” (cytatybaza.pl, dostęp: 07.06.2023). Wypowiedź powyższa jest wciąż aktualna, odzwierciedla realia funkcjonowania współczesnych organizacji. Chęć osiągania sukcesu w wymiarze długofalowym musi wiązać się ze świadomością znaczenia rozwoju i doskonalenia.

Przedsiębiorstwa ukierunkowane na osiągnięcie sukcesu, zdające sobie sprawę z tego, jak ważny jest rozwój, nie stoją w miejscu, lecz rozwijają się i doskonalą (Gołaś, Mazur, 2010), czyli stają się coraz lepsze „doskonalsze, doprowadzają do doskonałości, ulepszają, poprawiają” (*Wielki słownik języka polskiego PWN*, 2018). Pojęcie doskonalenia stosowane jest w różnych obszarach działalności organizacji. Według normy ISO 9000:2015 doskonalenie to „działanie mające na celu zwiększenie efektów działania”, przy czym działaniem to może być jednorazowe lub powtarzające się (ISO 9000:2015).

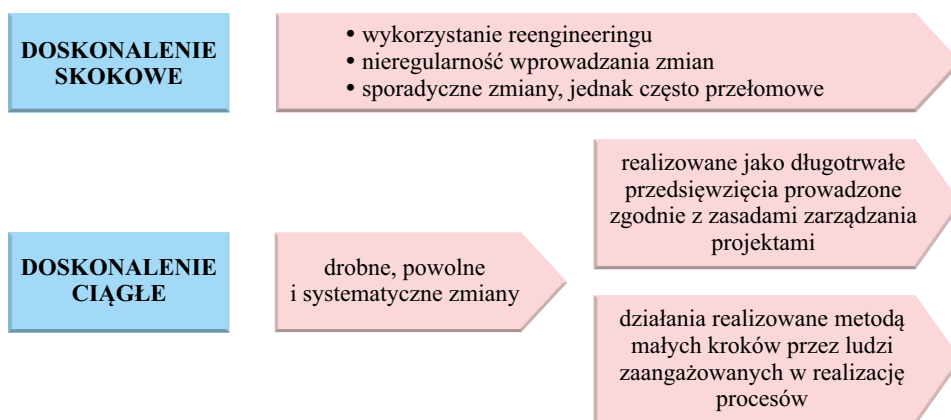
W obszarze zarządzania przedsiębiorstwami doskonalenie należy rozumieć jako działanie mające na celu uzyskanie zwiększonych korzyści dla przedsiębiorstwa, oraz jego klientów. Dążąc do spełnienia wymagań jakościowych, należy zwrócić uwagę, aby działania prowadzące do powstania wyrobu lub usługi, były realizowane na najwyższym poziomie. Właściwa, przemyślana organizacja procesów wiąże się ściśle z jakością końcowego wyrobu. Ulepszanie w tym kontekście odnosi się zatem nie tylko do oferowanych produktów czy usług, lecz także do procesów realizowanych wewnątrz organizacji (Hamrol, 2012). Mimo iż najbardziej znaczące usprawnienia procesów są osiągane na poziomie operacyjnym,

to należy pamiętać o tym, że bez uprzedniego określenia ramowych zasad realizacji procesów na poziomie strategicznym (zapewniających właściwą kontrolę m.in. poprzez określenie systemu pomiarowego dla procesów) kadra zarządzająca oraz pracownicy nie zyskują wystarczającej motywacji do identyfikowania oraz wprowadzania usprawnień (Kalinowski, 2012).

Proces doskonalenia może być realizowany jako doskonalenie skokowe lub doskonalenie ciągłe (Gołaś, Mazur 2011). Doskonalenie skokowe z zastosowaniem podejścia *reengineeringu (Business Process Reengineering)* charakteryzuje się nieregularnością w odniesieniu do czasu oraz dużymi, nieraz przełomowymi zmianami. Doskonalenie ciągłe polega na drobnych i powolnych, jednakże systematycznych zmianach. Można je realizować dwojako – po pierwsze jako przedsięwzięcia przełomowe prowadzące do zmiany oraz udoskonalenia istniejących procesów lub do wdrożenia nowych sposobów działania.

Przeprowadza się je w sposób skuteczny i efektywny przy wykorzystaniu metod zarządzania przedsięwzięciem, po czym w efekcie dokonanych zmian nowy plan przedsięwzięcia stanowi podstawę do ciągłego zarządzania procesem. Drugi sposób przeprowadzenia ciągłego doskonalenia – w ujęciu ciągłym – stanowi bieżące działania, które dotyczą doskonalenia ludzi za pomocą małych kroków w istniejących już procesach. Sposoby prowadzenia procesu doskonalenia przedstawiono na rysunku 1.1.

Proces doskonalenia powinien uwzględniać wiele działań, w wyniku których nastąpi rozwiązanie zaobserwowanych i przewidywanych problemów. Doskonalenie może być również traktowane jako naturalny ludzki odruch ułatwiania własnej pracy. Upraszczanie to związane jest z korzyściami dla klienta wewnętrznego.



Rysunek 1.1.
Sposoby prowadzenia procesu doskonalenia w organizacjach

Źródło: opracowanie własne.

W każdym przedsiębiorstwie trzeba doskonalić nie tylko personel, lecz także wszelkie procesy, park maszynowy, infrastrukturę oraz systemy komunikacji, obiegu informacji itp. (Mazur i Gołaś 2010; Zymonik, 2007). Ciągłe doskonalenie to jedna z siedmiu zasad zarządzania jakością. Nowoczesne przedsiębiorstwa hołdują strategii dążenia do ciągłego doskonalenia, jednak powinny przestrzegać reguł, które świadczą o doskonaleniu w kategoriach racjonalnych (Hamrol, 2017). Trzeba uwzględnić, że:

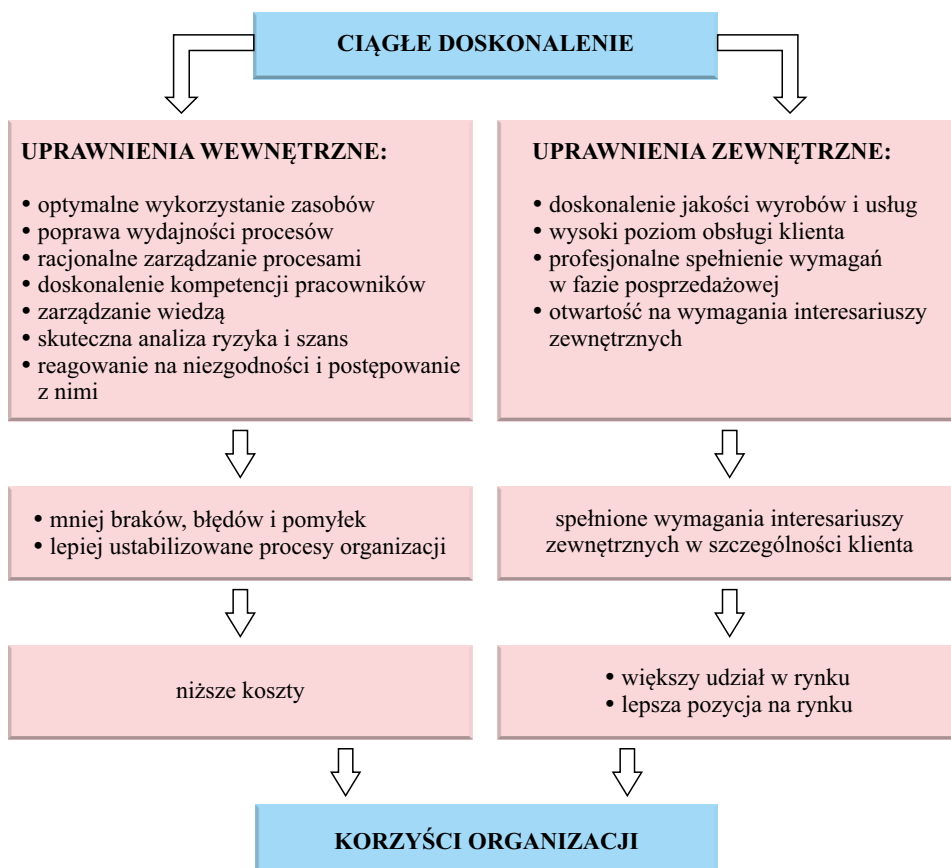
1. Proces doskonalenia powinien być wpisany w cykl Deminga (koło Deminga).
2. Doskonalenie to ciąg działań prowadzących do rozwiązywania problemów potencjalnych oraz takich, które już występowały.
3. Proces doskonalenia musi być mierzalny, a jego wyniki wymierne. Konieczne jest ustalenie stosownych wskaźników pomiarowych, a także ich wartości docelowych, do których należy dążyć i przyrównywać uzyskane rezultaty. Wskaźniki mogą być związane ze zmniejszeniem rozrzutu wyników, obniżeniem liczby wyrobów niezgodnych i kosztów niezgodności, zwiększeniem satysfakcji klienta. Powinny dotyczyć wielu aspektów realizacji procesów i wytwarzania wyrobów (produktów lub usług).
4. Przedsiębiorstwa muszą przyjąć własną dynamikę doskonalenia. Mogą korzystać z procesów doskonalenia o charakterze ciągłym, powolnym bądź skokowym – tak jak w *reengineeringu*, który uwzględnia większe ryzyko niepowodzenia i okresowych niestabilności.

Sukces tzw. japońskich kół jakości wynika z przeniesienia elementów cyklu Deminga na szczebel wykonawczy. Przedsiębiorstwa ukierunkowane pro jakościowo rozumieją ideę doskonalenia, podejmują działania doskonalące w celu poprawy wewnętrznych procesów, relacji z otoczeniem oraz pozycji na rynku. W sytuacji braku zaspokajania potrzeb klientów, rezygnacji z ulepszania produktów czy wprowadzania na rynek nowych wyrobów, firma może ulec degradacji, a nawet – w skrajnych przypadkach – zniknąć z rynku. Bardzo ważny okazuje się proces nieustannego doskonalenia jakości oraz wszystkich obszarów funkcjonowania przedsiębiorstwa, w tym również wyrobów przy zachowaniu efektywnego udziału pracowników (Gołębiowski, 2008).

Trzeba zwrócić uwagę, że właściwe działania doskonalące to takie, które skupiają się na eliminowaniu przyczyn sytuacji niepożądanych, a nie na ich skutku. Koncentracja na skutkach zdarzeń uwzględnia bieżące reakcje na błędy – takie postępowanie ma niewiele wspólnego z ideą doskonalenia. Analiza i zidentyfikowanie przyczyn, propozycja działań, które wyeliminują nieprawidłowości, a także zagwarantują, aby nie powielały się w przyszłości – to są właściwe działania doskonalące.

Efekty doskonalenia rozpatruje się w perspektywie długoterminowej. Dlatego wybór i określenie działań ulepszających powinny być ściśle związane z zarządzaniem strategicznym. W ten sposób można określić właściwą politykę doskonalenia, której realizacja zależy od krytycznych czynników sukcesu w połączeniu z barierami ograniczającymi możliwość osiągnięcia docelowej skuteczności (Szczepańska, 2012). Strategicznym celem przedsiębiorstwa powinno być osiągnięcie stanu nieustannego doskonalenia. W efekcie przyniesie to korzyści dla stron zainteresowanych, zminimalizuje marnotrawstwo, ryzyko błędów, wpłynie na lepsze wykorzystanie czasu pracy, poprawę jakości wykonywanych czynności lub wyrobów, zwiększenie zysku przez realizację projektów zgodnie z koncepcją *Lean Management* oraz poprawę wydajności przedsiębiorstwa (Pacana, Stadnicka 2017). Doskonalenie jest zatem zdeterminowane przez postęp techniczny w odniesieniu do wielu obszarów funkcjonowania firmy (od rozwiązań konstrukcyjnych poprzez techniki wytwarzania i logistykę aż do preferencji i możliwości finansowych klientów).

Analizując problematykę doskonalenia, należy pamiętać o kompleksowym podejściu. Doraźne działanie mające na celu stosowanie sporadycznej poprawy w miejscach, które tego wymagają, nie ma nic wspólnego z ideą ciągłego doskonalenia (Mazur, 2009). Ważę należy przykładać do usprawnień wewnętrznych procesów firmy, takich jak np. zapobieganie problemom, optymalne wykorzystanie zasobów itp., ale również do usprawnień zewnętrznych, które w centrum sytuują klienta (jak np. lepsza jakość produktów czy jak najlepsza obsługa). Pierwsze wpływają na obniżenie kosztów, natomiast drugie na zwiększenie zadowolenia klienta, co z kolei przyczynia się do podwyższonego udziału w rynku. W efekcie ciągłe doskonalenie zapewnia firmie większe zyski (Mazur, Gołaś 2010). Zależność tę przedstawiono na rysunku 1.2.

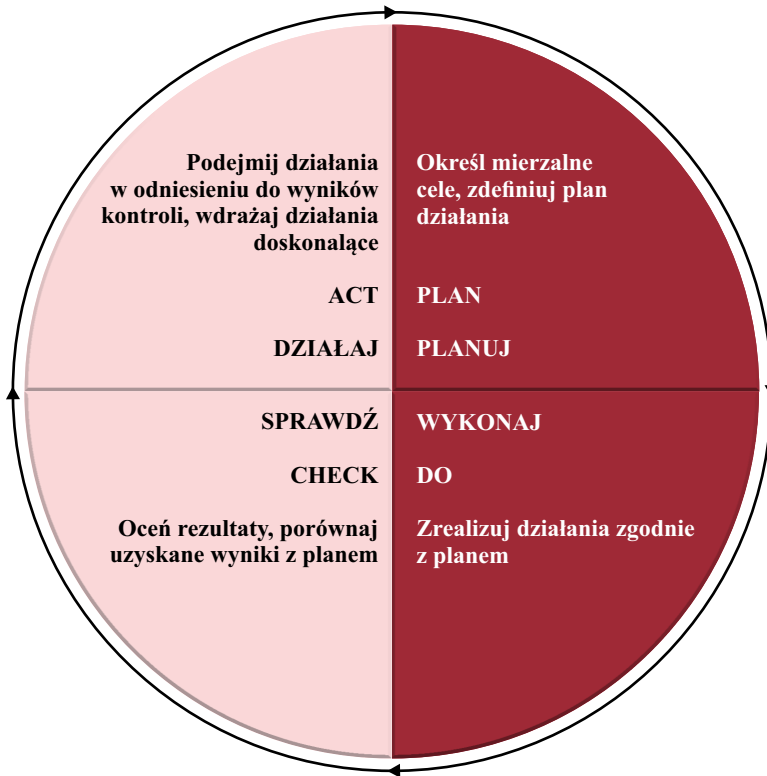


Rysunek 1.2.

Postępowanie w procesie doskonalenia

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Gołaś, Mazur, 2011; Hamrol 2012.

Aby proces ciągłego doskonalenia gwarantował osiągnięcie wspomnianych wymiernych korzyści, konieczne jest stosowanie odpowiednich powtarzających się działań. Działania te wpisano w cykl Deminga (zwany kołem Deminga) lub cyklem ciągłego doskonalenia PDCA. Z punktu widzenia skuteczności działań uzasadnionym będzie postępowanie zgodne z zasadą ciągłego doskonalenia PDCA (*planuj – wykonaj – sprawdź – działaj*, j. ang. *Plan – Do – Check – Act*), która gwarantuje cykliczność i regularność podejmowanych przedsięwzięć doskonalących. Cykl PDCA przedstawiono na rysunku 1.3.



Rysunek 1.3.
Cykl Deminga PDCA

Źródło: Aggarwal, 2020; Broniewska, 2007; Dahlgaard, Kristesen, Kanji, 2000; Deming, 1996, Haffer 2003; Hamrol 2005; Latzko, Saunders 1998; Mazur 2022.

Koło Deminga składa się z czterech faz (Karaszewski, 2006; Łuczak, Matuzak-Flejszman 2007; Gołaś, Mazur 2011):

1. **Planowanie** – obejmuje wiele działań ukierunkowanych na dążenie do wyboru rozwiązań nadających się najlepiej do wdrożenia, mianowicie zdefiniowanie problemu i analiza jego przyczyn, opracowanie planu działań, określenie krytycznych czynników sukcesu, celów zgodnie z zasadą SMART, a w szczególności mierników osiągalności celów i wyników. Na tym etapie należy dostrzec możliwość zmiany, czyli udoskonalenia procesu.
2. **Wykonanie** – polega na wprowadzeniu planu w małej skali i przeprowadzeniu testów, które posłużą do oceny zaproponowanych rozwiązań. Pozytywna weryfikacja umożliwia przeszkolenie pracowników, scharakteryzowanie procesu oraz wyznaczenie zespołów projektowych. W tym

miejscu należy wdrożyć rozwiązania przy wsparciu i zrozumieniu działań podejmowanych przez najwyższe kierownictwo. Bardzo ważne jest, aby na tym etapie regularnie realizować plan.

3. **Sprawdzenie** polega na ocenie podjętych działań na podstawie przyjętych mierników osiągalności. Weryfikuje się, czy działania usprawniające są zgodne z założeniami. Bardzo ważne jest porównanie uzyskanych wyników z planem.
4. **Działanie** – to etap formułowania wniosków, określenia, co należy poprawić, udoskonalić. Ważne, aby wyniki działań zostały uwzględnione w trakcie kolejnego planowania.

ZMIANA UWARUNKOWAŃ	Zmiana przepisów prawnych, struktury organizacyjnej, technologii czy inne zmiany, który wpływają na funkcjonowanie przedsiębiorstwa
STWIERDZENIE NIEPRAWIDŁOŚCI	Niezadowolenie z aktualnego stanu na skutek wewnętrznych sygnałów przedsiębiorstwa lub informacji zewnętrznych płynących od interesariuszy
ZIDENTYFIKOWANIE PROBLEMU	Zbadanie problemu analizując cele procesu, sprawdzenie wskaźników, porównanie celów z osiągniętymi wynikami
ROZWIĄZANIE PROBLEMU	Ustalenie przyczyn wystąpienia problemu. Prowadzenie analizy przyczynowo skutkowej. Poszukiwanie właściwych rozwiązań i opracowanie planu działań doskonalących
REALIZACJA ZADAŃ	Wdrożenie opracowanego planu działań doskonalących zarówno korygujących, jak i zapobiegawczych
OCENA SKUTECZNOŚCI	Sprawdzenie, czy wdrożone działania wyeliminowały problem, a w szczególności sprawdzenie, czy działania wyeliminowały PRZYCZYNĘ stwierdzonego problemu

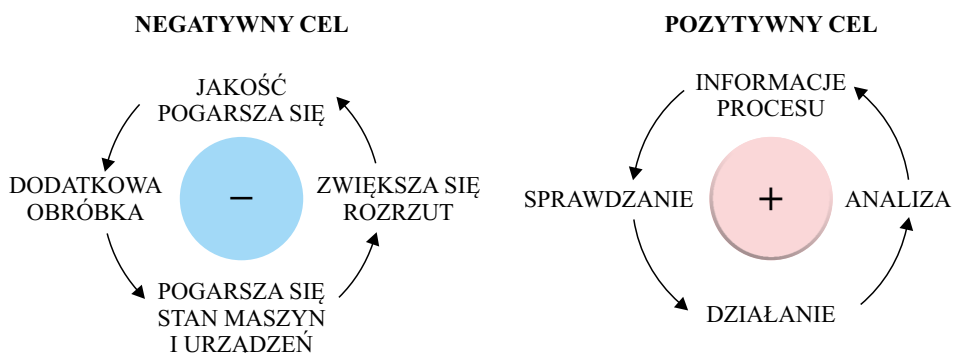
Rysunek 1.4.

Etapy działań doskonalących

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Żuchowski, Łagowski 2004.

Koło Deminga można zatem interpretować jak spiralę (etap działania będzie jednocześnie planowaniem, po którym ponownie dokona się wykonanie, sprawdzenie i działanie). Etapy, które można wyróżnić w procesie doskonalenia, przedstawiono na rysunku 1.4.

Reakcji na skutki – korekcji, nie należy mylić z doskonaleniem. Działania doskonalące to takie, które podejmowane są w celu eliminacji przyczyn sytuacji niepożądanych, mają zagwarantować, że dana przyczyna ponownie nie wystąpi. Pozytywny cykl doskonalenia – opracowany na podstawie koła Deminga – wymaga zmiany sposobu myślenia w organizacjach. Przykład negatywnego i pozytywnego podejścia do doskonalenia zaprezentowano na rysunku 1.5.



Rysunek 1.5.
Pozytywny i negatywny cykl doskonalenia

Źródło: Gołaś, Mazur 2011.

Zaleca się, aby kierownictwo wciąż poszukiwało sposobów doskonalenia skuteczności i efektywności pracy przedsiębiorstwa, nie czekając na pojawienie się problemu. To ważne, aby firma dysponowała właściwymi umiejętnościami do identyfikowania niepożądanych sytuacji i zarządzania zespołem. Należy zwrócić uwagę, że zamknięcie cyklu działania prowadzonego z uwzględnieniem kontrolowania (bez następującego doskonalenia), nie ukazuje dalszego ciągu działań pokontrolnych oraz nie oddaje istoty ciągłego doskonalenia.

Funkcja doskonalenia odpowiada działaniom towarzyszącym kontroli wstępnej i regulacyjnej, a także operacjom wykonywanym w sprzężeniach zwrotnych, występujących w układzie działania zorganizowanego. Ogromne znaczenia ma przenoszenie funkcji doskonalenia na następne powtarzalne cykle, które – dzięki powyższemu – wznoszą się spiralnie na coraz wyższe poziomy doskonalności.

Konieczność ciągłego doskonalenia jest szeroko opisywana w literaturze przedmiotu. Na uwagę zasługuje koncepcja *kaizen* bezpośrednio związana z ideą ciągłego doskonalenia, *kai* rozumie się jako „zmianę”, a *zen* – „dobry”, co odzwierciedla proces rozwoju, który nie ma końca (Magnusson 2003; Imai

2007; Prussak, Kaczmarek, 2010). *Kaizen* to sposób myślenia i zarządzania na podstawie „małych kroków”, które stopniowo ulepszają procesy. Jest przeciwieństwem nagłych zmian spowodowanych nowymi technologiami i znacznymi inwestycjami.

Filozofia *kaizen* zakłada, że w proces ciągłego doskonalenia zaangażowani będą pracownicy wszystkich szczebli (od kadry zarządzającej po pracowników liniowych). *Kaizen* uwzględnia ważną rolę człowieka (nastawienie, postawę, działanie), a nie tylko rezultaty podejmowanych przezeń działań (Imai, 2007). Japoński model zarządzania przedsiębiorstwami przejawia orientację procesową, gdzie szczególny nacisk kładzie się na jakość procesów pracy. W przedsiębiorstwach stosujących zachodni styl zarządzania przyjmuje się, że pracownicy powinni stosować określone instrukcje pracy, natomiast w stylu japońskim, mimo istniejących norm, naturalne dla pracowników okazuje się zgłaszanie rozwiązań usprawniających funkcjonowanie. Oczywiście ogromne znaczenie ma motywowanie pracowników (González-Aleu, Van Aken, Cross, Glover, 2018). Japończycy przykładają wagę do procesów, co umożliwia dobrą jakościowo realizację celów, a tym samym osiągnięcie wyników. Potrafią zauważyć znaczne źródło oszczędności zasobów przedsiębiorstwa w drobnych zmianach, często nie pociągających za sobą wydatków. *Kaizen* polega na małej, przyrostowej poprawie procesów i wyrobów – krok po kroku – z udziałem wszystkich pracowników firmy oraz z wykorzystaniem technologii przedsiębiorstwa.

Pojęcie to jest też tłumaczone jako stopniowe, uporządkowane oraz ciągłe ulepszanie, podnoszenie wartości, poprawa, postęp (Helmold, 2020). Koncentruje się na eliminowaniu strat, a także na zaangażowaniu uczestników przedsiębiorstwa w proces rozwoju. Filozofia ta nie bazuje na nowych technologiach czy ewolucyjnych, kosztowych inwestycjach, lecz na osiągnięciu sukcesów dzięki nieustannym i drobnym zmianom. *Kaizen* to ciągłe usprawnienie bez gwałtownych ingerencji czy reorganizacji procesów, sukcesy wynikają z synergii efektów (drobnych przemian), w przeciwieństwie do innowacji, gdzie zachodzą diametralne zmiany stanu istniejącego (Łuczak, Matuszak-Flejszman, 2007).

Kaizen wykorzystuje wysiłek grupowy i pracę zespołową w tzw. kołach jakości, których działalność zakłada dobrowolność uczestnictwa i wyboru tematów z zakresu własnej pracy, regularność spotkań, trening, szkolenia kierowników kół i uczestników. Obecnie coraz rzadziej używa się pojęcia kół jakości, tworząc zespoły pracownicze lub zespoły projektowe pracujące nad rozwiązaniem konkretnego problemu. Proces *kazein* składa się z siedmiu kroków, które obejmują:

- a) zdefiniowanie obszaru usprawnień,
- b) analizę i wybór głównych problemów,
- c) identyfikację powodów usprawnień,
- d) zaplanowanie środków zaradczych,

- e) zastosowanie,
- f) porównanie rezultatów,
- g) utrwalanie – standaryzację (Prusak, Jasiulewicz-Kaczmarek, 2010).

Punktem wyjścia dla filozofii *kaizen* jest odpowiednie zdefiniowanie pojęcia straty w przedsiębiorstwie. Tradycyjnie stratę rozumie się jako ujemny wynik finansowy przedsiębiorstwa. W przypadku procesu produkcyjnego ze stratą mamy do czynienia, gdy funkcjonowanie procesu nie przynosi zysku. W odniesieniu do *kaizen* stratą będzie jednak każda czynność, która – z punktu widzenia klienta – nie dodaje wartości do produktu lub usługi. Wyeliminowanie wszelkiego marnotrawstwa (j. jap. *muda*) – czynności i zjawisk zbędnych, niedających wartości dodanej klientowi – przyczynia się do poprawy wykorzystania potencjału firmy.

Pierwszych siedem rodzajów marnotrawstwa wyróżnił Taiichi Ōno – jeden z twórców Systemu Produkcyjnego Toyoty, zajął wróg wszelkich możliwych do uniknięcia strat. Marnotrawstwo okazuje się jednak wszechobecne, możliwym jest wskazanie innych, dodatkowych odmian, jak np. projektowanie towarów i usług, które nie spełniają potrzeb klientów (Womack, Jones, 2008). Jako ósmy typ *muda* wskazuje się ponadto niewykorzystanie potencjału ludzkiego (Golińska-Dawson, Kosacka, Werner-Lewandowska, 2015). Aby lepiej zrozumieć problematykę marnotrawstwa i rodzajów mudy, warto zapamiętać fikcyjne imię i nazwisko TIM WOODS. Rozwinięcie każdej litery z tego akronimu ułatwi zapamiętanie każdego z rodzajów marnotrawstwa. *TIM WOODS* rozwijamy według zasady przedstawionej na rysunku 1.6.



- T**ransport (ZBĘDNY TRANSPORT)
- I**nventory (NADMIERNE ZAPASY)
- M**otion (ZBĘDNE RUCHY ROBOCZE)
- W**aiting (MARNOTRAWSTWO CZASU)
- O**verproduction (NADPRODUKCJA)
- O**verprocessing (ZBĘDNE PRZETWARZANIE)
- D**efects (BRAKI I WADLIWE WYROBY)
- S**kills (NIEWŁAŚCIWE WYKORZYSTANIE POTENCJAŁU LUDZKIEGO)

Rysunek 1.6.

TIM WOODS – 8 źródeł *muda*

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Domingo R.T., *Identifying and Eliminating The Seven Wastes or Muda*; www.rtdonline.com (dostęp: 20.02.2023).

Transport – to niepotrzebne przemieszczanie zasobów ludzkich, wszelkich materiałów, zapasów, narzędzi czy wyposażenia. Cokolwiek zostaje przeniesione z miejsca na miejsce (bez wyraźnej konieczności i wartościowego efektu dla całego procesu) w złą lokalizację, w nieodpowiednim czasie albo omyłkowo, jest traktowane jako czynność pozbawiona sensu.

Inventory – to nadmierne zapasy surowca, wyrobów, materiałów, które zostały zmagazynowane w efekcie złego planowania, niedopasowania do rzeczywistego zużycia czy awarii. Zajmowanie miejsca w magazynie to realny koszt, który należy eliminować poprzez balansowanie zasobów metodą *Just-in-time* (JIT), co można przełożyć z języka angielskiego jako „dokładnie na czas”.

Motion – to niepotrzebne ruchy robocze pracownika oraz jego przemieszczanie się, gdy człowiek wykonuje zadanie i napotyka na przeszkodę (np. konieczność pochylenia się, wykonania kilku kroków w celu chwycenia narzędzia). Marnotrawstwo tego typu często opóźnia rozpoczęcie czy zakończenie pracy, zaburza jej bieg, wybija z rytmu.

Waiting – to czwarta kategoria *mudy*, jaką jest marnotrawstwo czasu. Gdy zasoby marnują czas (z powodu opóźnień, braku dostępności innych zasobów, np. informacji, złej optymalizacji procesu, nieumiejętności rozłożenia odpowiedzialności i innych różnego rodzaju sytuacji), to straty są w pewien sposób nieodwracalne, czasu bowiem nie da się cofnąć.

Overproduction – jest kolejnym rodzajem marnotrawstwa, na dodatek tym najbardziej istotnym. Nadprodukcja to sytuacja, w której pojawia się więcej dóbr, niż można sprzedać, co z reguły przekłada się na wzrost zapasów, zamrożenie środków pieniężnych oraz powstawanie innych rodzajów *mudy*. Wyroby z zasady są wartością dodaną, majątkiem, ale te będące skutkiem nadprodukcji mogą stać się przestarzałe. Ich przechowywanie aż do momentu sprzedaży może powodować niepotrzebny wzrost kosztów dla przedsiębiorstwa. Z perspektywy produkcji masowej można powiedzieć, że im więcej wyrobów zostanie wyprodukowanych w jak najkrótszym czasie, tym lepiej dla przedsiębiorstwa, gdyż koszty produkcji maleją. Tymczasem jest tak wyłącznie w ujęciu kosztów jednostkowych, przy nieuwzględnianiu szeregu innych kosztów, które taka praktyka generuje. Nadprodukcja zmusza do konieczności posiadania dostępu do większych zasobów (ludzi i zdolności produkcyjnych). Wytwarzanie większej, niepotrzebnej ilości produktów będące wynikiem prognozowania potencjalnego zapotrzebowania klienta nazywane jest w literaturze „pchaniem materiałów”.

Overprocessing – rozumiany jako czynności wykonywane przez człowieka oraz operacje realizowane przez maszyny i urządzenia, które nie tworzą wartości do-

danej, traktowane są jako kolejne marnotrawstwo. Wszelkie działania niepoprawiające jakości czy stopnia ukończenia produktu, będące jedynie dodatkowym krokiem pośród innych, nie są traktowane jako pożądane. Nawet dokumentacja, która nie jest niezbędna, jest przejawem nadprocesowości. Zbyt częste i nieprze-myślane zmiany, niejasne instrukcje, zły dobór technik czy nadmierne udoskonalanie – wszystko to jest identyfikowane jako zbędne przetwarzanie.

Defects – to marnotrawstwo związane z produkcją wyrobów wadliwych i koniecznością ich naprawy, a także ponownym zużyciem materiałów w tym celu. Produkcją dobrej jakości możemy nazwać taki sposób wytwarzania, w którym wykonywanie każdego wyrobu zgodnego z wymaganiami, nadającego się do przekazania klientowi, odbywa się prawidłowo za pierwszym razem, bez konieczności ponownego wykonania, naprawiania, zużywania dodatkowej ilości surowców, materiałów i innych zasobów. Wszelkie wady wyrobów, ich defekty rzutują nie tylko na poziom zadowolenia klienta, ale również generują dodatkowe koszty, i są przyczyną ogólnego pogorszenia jakości produkcji.

Skills – to marnotrawstwo, które jest związane z błędnym wykorzystaniem potencjału ludzkiego. To sytuacja, w której źle ulokowano konkretnego pracownika z określoną wiedzą, doświadczeniem i umiejętnościami na stanowisku, na którym nie jest w stanie ich wykorzystać. Jest to nieadekwatne dopasowanie zasobów ludzkich do stanowisk i zakresów obowiązków z nimi związanych. Ten typ marnotrawstwa wpływa negatywnie na wiele aspektów – od zbędnych kosztów finansowych i czasowych aż po negatywny wpływ na środowisko naturalne i społeczeństwo. Najbardziej pożądanym scenariuszem jest sytuacja, w której marnotrawstwo zostanie usunięte całkowicie, dzięki czemu rzeczywista praca będzie równa zdolnościom produkcyjnym – nastąpi poprawa efektywności. Pracę traktujemy tutaj jako działania konieczne do dodawania wartości dla klienta, natomiast resztę jako marnotrawstwo (Ohno, 2008; Rother, Shook, 2018).

Analizując problematykę marnotrawstwa, warto wyjaśnić dwa inne pojęcia, ściśle powiązane z tym zagadnieniem. Wzorując się na słynnym systemie produkcyjnym Toyoty, mówi się nie tylko o eliminacji *muda*, lecz także *muri* oraz *mura*. Jest to model nazywany *3M*, tworzący spójny system, w którym na szczyplą produkcję spogląda się kompleksowo, ze świadomością, że uwzględnianie tylko ośmiu rodzajów strat może stać się w ogólnym rozrachunku czynnikiem szkodzącym efektywności. *Muri* dotyczy przeciążeń zarówno człowieka, jak i maszyn, to jest zmuszania do pracy ponad możliwości, można je określić jako przeciwieństwo *muda*. Z oczywistych względów może prowadzić do kłopotów z awariami, jakością czy bezpieczeństwem. *Mura* to określenie na nieregularność, nierównomierne rozłożenie w czasie. Kiedy przy danych zasobach

pracy jest za dużo lub za mało, z reguły wynika to ze zmienności objętości produkcyjnej i nieregularnego harmonogramowania. W takiej sytuacji musi być brany pod uwagę taki poziom zasobów (maszyn, pracowników, materiałów itd.), by system produkcyjny był w stanie spełnić oczekiwania przy najwyższym zapotrzebowaniu. Najwyższy wolumen to jednak nie ten przeciętny, co prowadzi do posiadania zasobów ponad potrzeby przez większość czasu produkcji. O *mura* można powiedzieć, że jest wypadkową *muda* i *muri*, ponieważ zależy od poziomu marnotrawstw różnego rodzaju i przeciążeń w systemie. Rozumiejąc w odpowiedni sposób problematykę marnotrawstwa, łatwiej jest rozumieć filozofię *kaizen*. *Kaizen* to sposób myślenia, w którym poszukiwanie wszelkiego rodzaju usprawnień i twórczych rozwiązań jest naturalnym działaniem podejmowanym w celu skutecznego zarządzania. Należy pamiętać, że *kaizen* jest nie tylko koncepcją zarządzania, lecz także częścią kultury japońskiej, wpływającą na wiele aspektów życia.

Mówiąc o doskonaleniu, nie sposób pominąć *TQM* (ang. *Total Quality Management*). Należy pamiętać, że „TQM jest filozofią ciągłego doskonalenia osiąganego przez stałe skupienie uwagi na klientach, procesach i zaangażowaniu przy zastosowaniu zasady najlepiej realizowanego przywództwa przez edukację oraz trening, pomiary przepływu informacji i uznanie” (Hernas, Gajda, 2006). *TQM* akcentuje zaangażowanie wszystkich pracowników przedsiębiorstwa w ciągłe ulepszanie i sterowanie procesami (Carnerud, Jaca, Bäckström, 2018; Helmond, 2020). *TQM* można określić jako zbiór paradygmatów, które stanowią podstawę do doskonalenia organizacji. Kompleksowe podejście do jakości to sposób prowadzenia działalności gospodarczej, polegający na maksymalizowaniu konkurencyjności organizacji poprzez ciągłe doskonalenie jakości produktów, usług, ludzi, procesów i środowiska (Łańcucki, 2003). Filozofia ta przypisuje bardzo dużą i ważną rolę zasobom ludzkim. Mówi o określonych metodach i działaniach prowadzących do usprawnienia wszystkich procesów wewnątrz firmy, a także zadowolenia klienta i spełnienia jego oczekiwań w chwili obecnej oraz w przyszłości. Wprowadzenie zmian mających na celu doskonalenie systemu produkcyjnego wymaga zmotywowania pracowników do poświęcania się. Bardzo ważne jest zatem ustalenie odpowiedniego wynagrodzenia, które jest adekwatne do wydajności pracownika i wkładu poniesionej pracy. Kluczowym warunkiem jest panująca w firmie atmosfera. Może ona sprzyjać wprowadzanim zmianom lub przynosić odwrotny rezultat. Niezastosowanie omówionych warunków może skutkować niepowodzeniem już na samym początku (Sałaciński, 2016). *TQM-u* nie można po prostu wdrożyć, jest to najczęściej popełniany błąd podczas próby zrozumienia założeń tej koncepcji. Wypracowanie sposobu zarządzania podwyższającego efektywność, elastyczność i konkurencyjność organizacji jako całości, wymaga od przedsiębiorstwa dojrzałości i odpowiedniego przygotowania (Łańcucki, 2003).

Kompleksowe zarządzanie jakością stanowi klucz do skutecznego przywództwa poprzez:

- a) zaangażowanie w ciągłe doskonalenie i zarządzanie systemami doskonalenia,
- b) filozofię robienia dobrych rzeczy za pierwszym razem,
- c) szkolenia w zakresie zrozumienia istoty i charakteru relacji między dostawcą i klientem,
- d) nowoczesnie nadzorowane i trenowane procesy zarządzania poprzez pracę zespołową,
- e) doskonalenie komunikacji oraz eliminowanie barier i strachu,
- f) ciągłą edukację i „eksperycki” rozwój,
- g) systematyczność w implementacji TQM-u (Łańcucki, 2003).

Sukces wdrożenia TQM-u w przedsiębiorstwie uzależniony jest od spełnienia wielu warunków, z których najważniejsze to: absolutne zaangażowanie najwyższego kierownictwa i wszystkich pracowników, powszechne, ciągłe szkolenie, edukacja oraz stosowanie narzędzi i technik jakości.

Podsumowując, niezależnie od tego, jakiej filozofii czy koncepcji doskonalenia się przyjrzymy przedsiębiorstwo powinno być odpowiednio zarządzane, a pracownicy powinni przejawiać wysokie zaangażowanie, z kolei decyzje powinny być podejmowane na podstawie faktów (Skrzypek, Hofman, 2010). Najczęstszymi powodami braku efektów po wdrożeniu metod i zastosowaniu koncepcji ciągłego doskonalenia są np. nieprawidłowe przygotowanie lub tylko częściowe wdrożenie metod (Nowosielski, 2014).

Takie podejście może być gwarancją budowania dojrzałości procesowej organizacji, czyli jej zdolności do systematycznego poprawiania osiągniętych wyników w ramach prowadzonej działalności (Kalinowski, 2019). Dzięki temu pracownicy będą czuli się zobligowani do aktywnego poszukiwania możliwych obszarów do udoskonalenia. Inicjatywa doskonalenia powinna wychodzić z ich strony, gdyż to oni jako uczestnicy zachodzących procesów w przedsiębiorstwie znajdują się najbliżej miejsc potencjalnie potrzebujących poprawy (Zimniewicz, 2014). Duży wpływ na doskonalenie mają czynniki, takie jak umiejętności zatrudnionych, zdolności kierownika, styl zarządzania oraz warunki finansowe i czasowe. Doskonalenie nie dotyczy tylko pojedynczych zatrudnionych. Realizowane jest ono w zespołach, w których pracownicy pochodzą z różnych komórek organizacyjnych. Możliwa jest wymiana między nimi wiedzy i umiejętności oraz spostrzeżeń dotyczących procesów zachodzących w przedsiębiorstwie. Stworzony zespół będzie stanowił łącznik współzależnych procesów, które zostały sztucznie podzielone poprzez wprowadzenie struktury organizacyjnej. Zespoły skupione na doskonaleniu procesów, rozumiejące ideę tego zjawiska, będą korzystały z wielu metod wpięrających funk-

cjonowanie procesów. Z kolei do sprawnego i efektywnego ich wykorzystania zasadniczym wsparciem będą narzędzia zarządzania jakością, w tym siedem tradycyjnych i siedem nowych narzędzi.

1.2. Pojęcie i klasyfikacja narzędzi zarządzania jakością

Instrumentarium zarządzania jakością można podzielić na zasady, metody, narzędzia i techniki. Dla rozróżnienia ich zakresu i zasięgu stosowania, w tabeli 1.1 zestawiono definicje i wyjaśnienie stosowanych pojęć.

Tabela 1.1.
Definicje pojęć „zasada”, „metoda”, „narzędzie”, „technika”

POJĘCIE	DEFINICJE
ZASADA	<ul style="list-style-type: none"> określa stosunek przedsiębiorstwa i jego pracowników do ogólnie rozumianych problemów jakości określa w prosty i zwięzły sposób cele i zadania polityki jakości prowadzonej przez kierownictwo
METODA	<ul style="list-style-type: none"> norma postępowania uznana przez kogoś za obowiązującą świadomy i konsekwentnie stosowany sposób postępowania lub zespół czynności i środków opartych na naukowych podstawach wykorzystywanych dla osiągnięcia określonego celu przy realizacji zadań związanych z zapewnieniem jakości świadome i konsekwentne postępowanie ukierunkowane na osiągnięcie określonego celu sposób naukowego badania rzeczy i zjawisk planowane, powtarzalne i oparte na naukowych podstawach sposoby postępowania przyjęte przy realizacji określonych zadań sposób systematycznie stosowany, przy czym sposób oznacza umyślny tok działania, a więc skład i układ jego stadiów pewna ogólna postawa umysłu wobec problemów ogólny schemat planu działania, sformułowany na podstawie uogólnienia jakichś typów skutecznych działań, który pozwala na opracowanie właściwego ich programu usystematyzowane zastosowanie narzędzi i technik w celu doskonalenia
TECHNIKA	<ul style="list-style-type: none"> procedura, receptura tok postępowania dotyczący konkretnego, wąskiego fragmentu problemu (np. zbieranie danych) szczegółowy sposób postępowania stosowany do osiągnięcia celów cząstkowych i szczegółowych, wyuczona i wyćwiczona umiejętność wykonywania jakichś czynności sposób wykonywania prac, czynności, posługiwanie się instrumentami, przyrządami czy narzędziami działanie oparte na analizowaniu zmienności procesowych

POJĘCIE	DEFINICJE
NARZĘDZIE	<ul style="list-style-type: none"> • służy do zbierania i przetwarzania danych • prosty element stosowany w obrębie konkretnej metody bądź techniki • służy do bezpośredniego oddziaływania w różnych procesach jak np. przy zbieraniu, porządkowaniu i przedstawianiu danych lub wyników z badań dotyczących jakości • stanowi instrumentarium analitycznego zestawienia zmienności

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Mazur, Gołaś 2010; Hamrol, Mantura, 2005; Kardas, Pustějovská, 2018; Mikołajczyk, 1997; Sęp, Pacyna, 2001; Wolniak, Skotnicka 2007.

Narzędzia jakości służą do osiągnięcia poszczególnych, drobnych celów poprzez gromadzenie i przetwarzanie danych związanych z zarządzaniem jakością (Mantura, Hamrol, 2005). W literaturze przedmiotu można spotkać się z różnymi klasyfikacjami narzędzi, jednak najczęstszym podziałem jest ten, który wskazuje „tradycyjne” oraz „nowe” narzędzia zarządzania jakością. Pierwsze z nich – uznawane za podstawowe – nazywane są „wielką siódmką” lub „starą siódmką”. Należą do nich: diagram procesu, diagram Ishikawy, diagram Pareto-Lorenza, arkusz kontrolny, karta kontrolna oraz punktowy diagram korelacji (Gienza, 2014). „Nowe” narzędzia zarządzania jakością stanowią uzupełnienie „wielkiej” siódmki (Tsironis, 2018). Opierają się głównie na stosowaniu komunikatów werbalnych, które wymagają kreatywności. Z tego powodu najczęściej stosuje się je przy badaniu opinii klientów, projektowaniu wyrobów itp. Zalicza się do nich: diagram pokrewieństwa, diagram relacji, drzewo decyzyjne, macierzową analizę danych, diagram macierzowy, diagram strzałkowy, wykres programowy podejmowania decyzji (Gołaś, Mazur, 2009). Podstawowe, wręcz hasłowe informacje o narzędziach zarządzania jakością zestawiono w tabelach 1.2 oraz 1.3.

Tabela 1.2.
„Stara siódmka”

NARZĘDZIE	PODSTAWOWE INFORMACJE
Diagram procesu	<ul style="list-style-type: none"> • graficzne przedstawienie przebiegu procesu
Diagram Ishikawy	<ul style="list-style-type: none"> • graficzne przedstawienie zależności przyczynowo-skutkowych • analiza przyczyn powstawania błędów, sytuacji niepożądanych, niezgodności
Wykres Pareto-Lorenza	<ul style="list-style-type: none"> • wykres prezentujący zjawiska przyczyny, zdarzenia, które mają zdecydowany wpływ na wyniki • pozwala w sposób graficzny przedstawić zasadę 20–80, mówiącą o tym, że 20% przyczyn różnych zjawisk decyduje o 80% skutków tych zjawisk

NARZĘDZIE	PODSTAWOWE INFORMACJE
Histogram	<ul style="list-style-type: none"> • pozwala na zaprezentowanie różnych wyników w postaci przedziałów • nie prezentuje wartości liczbowych (jak np. wykres słupkowy) • ukazuje, jak często dane wartości występują w zbiorze danych
Diagram korelacji (punktowy)	<ul style="list-style-type: none"> • pozwala na przedstawienie korelacji między dwiema zmiennymi
Arkusze kontrolny	<ul style="list-style-type: none"> • jest to formularz, czasem tabela, służy do zbierania danych i informacji o jakimś zjawisku, np. podczas obserwacji przebiegu procesu i uzyskiwanych wyników
Karta kontrolna	<ul style="list-style-type: none"> • służy do graficznej prezentacji wyników, które osiąga proces i śledzenia jego stabilności jakościowej • pozwala określić, czy uzyskiwane przez proces wyniki mieszczą się w granicach zdefiniowanej tolerancji

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 1.3.
„Nowa siódemka”

NARZĘDZIE	PODSTAWOWE INFORMACJE
Diagram relacji	służy do prezentacji relacji, jakie występują między różnymi zależnościami i nie są intuicyjne, a wymagają przeanalizowania
Diagram pokrewieństwa	pozwala na szybkie pogrupowanie zebranych danych w różne kategorie definiowane w zależności od analizowanego problemu
Diagram strzałkowy	pozwala zaprezentować plan działania z określeniem czasu trwania poszczególnych czynności
Drzewo decyzyjne	pozwala na prezentacji najskuteczniejszych rozwiązań wybranego problemu, których wybór jest konsekwencją podejmowania różnych decyzji
Diagram macierzowy	pozwala na graficzne przedstawienie i analizę zależności między dwiema, trzema, czterema danymi
Macierzowa analiza danych	pozwala na ilościowe określenie stopnia zależności między różnymi zmiennymi, wyniki tej analizy prezentowane są na macierzach prostokątnych lub trójkątnych
Wykres programowy procesu podejmowania decyzji (PDPC)	pozwala na graficzne przedstawienie kroków związanych z podejmowaniem decyzji tak, aby osiągnąć zamierzone cele

Źródło: opracowanie własne.

Wskazane narzędzia zostaną szczegółowo omówione w kolejnych rozdziałach.

2. Siedem tradycyjnych narzędzi zarządzania jakością

2.1. Diagram procesu

Proces jest to uporządkowany ciąg działań, w efekcie którego elementy wejścia zostają przekształcone w określone wyjście. Jedną z zasad zarządzania jakością mówi o tym, że pożądanym wynikiem osiąga się, gdy działania i związane z nimi zasoby są zarządzane jako proces. Proces można określić jako „zbiór działań wzajemnie powiązanych lub wzajemnie oddziałujących, które wykorzystują wejścia procesu do dostarczenia zamierzonego rezultatu” (ISO 9000:2015). Pojęcie procesu nie można intuicyjnie łączyć wyłącznie z procesem produkcyjnym. Procesy w organizacji to procesy główne, czyli te, które tworzą wartość dodaną dla interesariuszy organizacji, dla jej klientów. Z pewnością należy wymienić proces produkcji lub świadczenia usług, ale również wszystkie procesy związane z obsługą klienta (przedsprzedażową, sprzedażową i posprzedażową) kreowaniem wyrobu zgodnie z wymaganiami klienta, projektowaniem usług lub produktów, przechowywaniem, magazynowaniem i dostarczaniem wyrobów do klienta. Procesy organizacji to również procesy pomocnicze, czyli te, które są niezbędne dla wsparcia procesów głównych, np. procesy utrzymania we właściwym stanie technicznym maszyn i urządzeń, siecią teleinformatycznej i komputerowej, systemów wewnętrznych wspierających produkcję, procesy kadrowe itp. Procesy główne i pomocnicze są objęte trzecią grupą procesów – procesami zarządzania, które dotyczą planowania i zarządzania strategicznego, zarządzania zasobami i wszelkich innych aspektów realizowanych na poziomie strategicznym organizacji.

Do prezentacji następujących po sobie czynności w procesie wykorzystywany jest diagram procesu. Zamienną nazwą tego narzędzia to diagram przepływu, często stosowana jest też nazwa algorytm lub schemat blokowy (czy też schemat przebiegu procesu). Diagram może być wykorzystany w dwojaki sposób:

- a) do prostego prezentowania informacji – celem przekazania najogólniejszej wiedzy o procesie (pokazania kolejności etapów),
- b) do obszernego opisu przebiegu procesu wraz z wyszczególnionymi wszystkimi czynnościami i momentami decyzyjnymi, a także z informacjami dotyczącymi odpowiedzialności, dokonywania zapisów, magazynowania materiałów, współzależności między procedurami, instrukcjami itp.

Diagram procesu znajduje zastosowanie, gdy konieczne jest zrozumienie procesu, znalezienie możliwości doskonalenia jego przebiegu, zaprojektowanie procesów. Jest też niezbędny podczas opracowywania np. FMEA czy planu kontroli. Do opracowywania diagramu procesu stosuje się najczęściej symbole, które przedstawione w tabeli 2.1. Należy jednak zauważyć, że ich przeznaczenie ma charakter umowny, w związku z tym przed przystąpieniem do prezentacji przebiegu procesów warto zdefiniować poszczególne elementy.

Tabela 2.1.
Symbole graficzne używane w diagramach przepływu

Symbol graficzny	Nazwa
	START/ STOP
	działanie, zdarzenie w procesie, czynność
	dane wejściowe / dane wyjściowe dokumenty / zapis na formularzu
	warunek, decyzja, alternatywa
	przejsie do innego procesu
	kierunek działania, kierunek przebiegu
	łącznik między czynnościami lub decyzjami
	archiwizowanie, magazynowanie

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Jazdon 2002; Łuczak, Matuszak-Flejszman 2007.

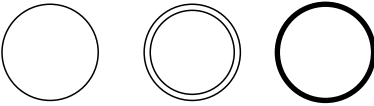
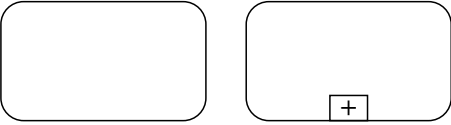
Zestaw symboli graficznych używanych do mapowania jest zmienny i może być kształtowany w zależności od przyjętych założeń. Jednym z najpopularniejszych standardów w tym zakresie jest BPMN (ang. *Business Process Model and Notation*). Autorem standardu BPMN jest Stephen A. White, pracownik koncernu IBM. Standard zarządzania procesami biznesowymi został opublikowany po raz pierwszy w 2004 roku w wersji 1.0. Głównym celem opracowania standardu do modelowania procesów biznesowych BPMN było zapewnienie notacji, która jest łatwo zrozumiała dla wszystkich użytkowników biznesowych, począwszy od analityków biznesowych, którzy tworzą wstępne projekty procesów przez programistów technicznych odpowiedzialnych za wdrożenie technologii, która będzie je wykonywać, aż po ludzi biznesu, managerów, zarządzającymi tymi procesami i je monitorującymi (White, 2004). Wprowadzenie odpowiedniego systemu znaków – ustandaryzowanego, eliminuje ryzyko błędnych interpretacji przebiegu procesów.



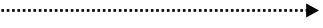

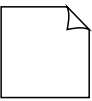


Opublikowany w 2004 roku standard został udoskonalony cztery lata później, już przy współpracy Object Management Group. Aktualnie obowiązującą wersją standardu jest zaprezentowana w 2014 roku wersja 2.0.2. Standard BPMN umożliwia odwzorowanie procesów biznesowych z wykorzystaniem czterech kategorii elementów:

- a) obiekty przepływu (zdarzenia, czynności i bramki),
- b) łączenia (przepływ sekwencji, przepływ komunikacji i asocjacje),
- c) obiekty grupujące (baseny i tory),
- d) artefakty (grupy, obiekty danych i adnotacje) (Szczerba, 2017).

W tabeli 2.2 przedstawiono przykłady notyfikacji zgodnej z założeniami standardu BPMN.

Tabela 2.2.
Notyfikacja BPMN

Stosowane oznaczenie	Opis
OBIEKTY PRZEPIYU	
 <p>Zdarzenie początkowe Zdarzenie pośrednie Zdarzenie końcowe</p>	<p>zdarzenia (ang. <i>Events</i>) – to sytuacje i wydarzenia, które występują w określonym miejscu procesu, lub mogą wystąpić w procesie, dzielą się na początkowe, pośrednie oraz końcowe</p>
 <p>Zadania Podprocesy</p>	<p>czynności (ang. <i>Activities</i>) – to zadania, które uczestnik procesu powinien wykonać w ramach jakiegoś zdarzenia, przypisanym symbolem jest zaokrąglony prostokąt. Jeżeli te czynności stworzą podproces, będą oznaczone prostokątem z plusem wewnątrz</p>

Stosowane oznaczenie	Opis					
 <p>Bramka XOR „ALBO”</p> <p>Bramka AND „I”</p> <p>Bramka COMPLEX „Złożona”</p> <p>Bramka OR „LUB”</p>	<p>bramki (ang. <i>Gateways</i>) – pozwalają na analizę i ocenę przebiegu procesu, dzięki nim można rozgałęzić lub połączyć dane przepływy procesów, mają kształt rombu, tak jak elementy decyzyjne</p>					
ŁĄCZENIA						
 <p>Przepływ sekwencji</p>	<p>przepływy sekwencji (ang. <i>Sequence Flow</i>) – służą do prezentacji kolejności wykonywania czynności</p>					
 <p>Przepływ komunikatów</p>	<p>przepływy komunikatów (ang. <i>Message Flow</i>) – służą do prezentacji przepływu informacji pomiędzy różnymi uczestnikami procesu, wymagają odpowiedniego nazwania.</p>					
 <p>Asocjacje</p>	<p>asocjacje (ang. <i>Associations</i>) – służą do prezentacji przepływu obiektów i dodatkowych informacji w procesie, a także wskazują powiązania elementów modelu z artefaktami</p>					
OBIEKTY GRUPUJĄCE						
<table border="1" data-bbox="180 879 644 997"> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">Basen</td> <td style="text-align: center;">TOR 1</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">TOR 1</td> <td></td> </tr> </table>	Basen	TOR 1		TOR 1		<p>obiekty grupujące elementy procesu (ang. <i>Swimlanes</i>) to baseny oraz tory, baseny (ang. <i>Pools</i>) reprezentują danego uczestnika procesu, tory (ang. <i>Lanes</i>) symbolizują jego funkcje i są umieszczane wewnątrz basenów</p>
Basen		TOR 1				
	TOR 1					
ARTEFAKTY						
 <p>Obiekty danych</p>	<p>obiekty danych (ang. <i>Data Objects</i>) – służą do prezentacji danych przetwarzanych w procesie, mogą zawierać informacje o niezbędnych wymaganiach, które wpływają na wykonanie poszczególnych czynności</p>					
 <p>Grupy</p>	<p>grupy (ang. <i>Groups</i>) – umożliwiają łączenie elementów diagramu i ukazywanie zależności</p>					
 <p>Adnotacje</p> <p style="margin-left: 100px;">Text</p>	<p>adnotacje (ang. <i>Annotations</i>) – to dodatkowe informacje</p>					

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Szczerba 2017; White 2004.

Przy mapowaniu procesów w praktyce można posługiwać się metodami „analogowymi” – np. wykorzystywać żółte karteczki „post-it” lub używać powszechnie dostępnych narzędzi IT, takich jak Visio, SmartDraw, Igrafx, MS Office – Excel, PowerPoint etc.

Procedura postępowania przy diagramie procesu

1. Określ cel procesu.
2. Określ wejścia i wyjścia z procesu, czyli początek i koniec procesu.
3. Przemyśl logikę następujących po sobie czynności.
4. Określ, w których miejscach są podejmowane decyzje, i co się dzieje, jeśli jest kilka możliwych rozwiązań. Określ postępowanie w przypadku każdej z decyzji.
5. Zastanów się, czy pewne elementy wyjścia z tego procesu będą inicjowały kolejny, inny proces.
6. Zaczynaj rysować, łącz czynności między sobą strzałkami, zachowując logikę przepływu. Pamiętaj, że jeśli w momentach decyzyjnych jest kilka możliwości postępowania, to wszystkie z nich muszą prowadzić do kolejnych zdarzeń lub do końca diagramu, który jest końcem procesu.

Przykład zastosowania diagramu procesu

Przedsiębiorstwo produkcyjne XYZ jest producentem kredek woskowych. Celem procesu jest wyprodukowanie określonej ilości kredek w założonym czasie. Ilość, termin wykonania, kolory i inne parametry określone są w zleceniu produkcyjnym. Wejściami do procesu są:

- a) zlecenie produkcyjne określające wymagania klienta, które dotyczą zarówno parametrów kredek, jak i terminu realizacji,
- b) dokumentacja produkcyjna w postaci instrukcji technologicznej oraz instrukcji kontroli jakości produkcji w toku oraz wyrobu gotowego,
- c) surowce potrzebne do produkcji: wosk naftowy, parafina, składniki ściągające i inne składniki chemiczne, barwniki, a także klej i etykiety oraz opakowania,
- d) sprawna linia produkcyjna,
- e) przyrządy i urządzenia wykorzystywane w produkcji,
- f) sprzęt kontrolno-pomiarowy wykorzystywany w kontroli jakości,
- g) oprogramowanie produkcyjne niezbędne do monitorowania przebiegu procesu produkcyjnego oraz do zapisywania jego postępów i rezultatów,

- h) kompetencje pracowników zaangażowanych w realizację procesu produkcji,
- i) wymagania prawne, np. ustawa z dnia 25 lutego 2011 roku o substancjach chemicznych i ich mieszaninach (Dz.U. 2011 nr 63 poz. 322), ustawa z dnia 14 grudnia 2012 roku o odpadach (Dz.U. 2013 poz. 31)¹,
- j) wymagania normatywne, np. – norma PN-ISO 6244:2012, woski naftowe i petrolatum – oznaczenie temperatury kroplenia, norma PN-ISO 2207:2011 woski naftowe – oznaczenie temperatury krzepnięcia, norma PN-EN 12703:2016-09, kleje do papieru i tektury, opakowań i jednorazowych wyrobów higienicznych – oznaczanie elastyczności w niskiej temperaturze lub temperatury pęknięcia na zimno²,
- k) informacje, wiedza, *know-how* i inne wymagania interesariuszy procesu.

Wyjściem z procesu produkcji kredek woskowych są:

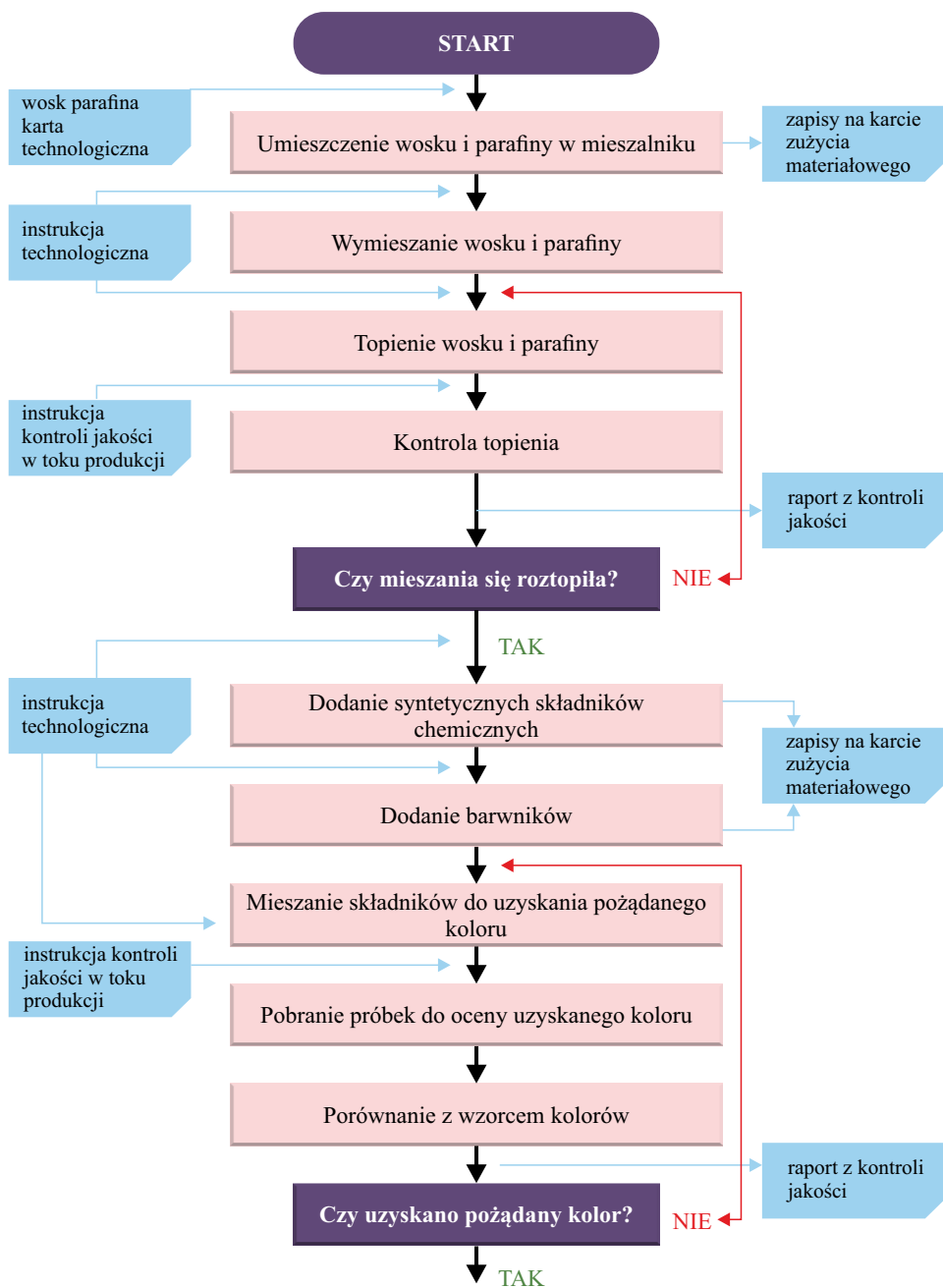
- a) wyprodukowane kredki zgodne z wymaganiami,
- b) odpady produkcyjne,
- c) braki i wyroby niezgodne z wymaganiami,
- d) raporty o zużyciu surowca zapisywane w systemie produkcyjnym,
- e) raporty z kontroli jakości w toku produkcji oraz z kontroli końcowej,
- f) zapisy z rozliczenia czasu pracy pracowników,
- g) zapisy z czasu pracy linii produkcyjnej.

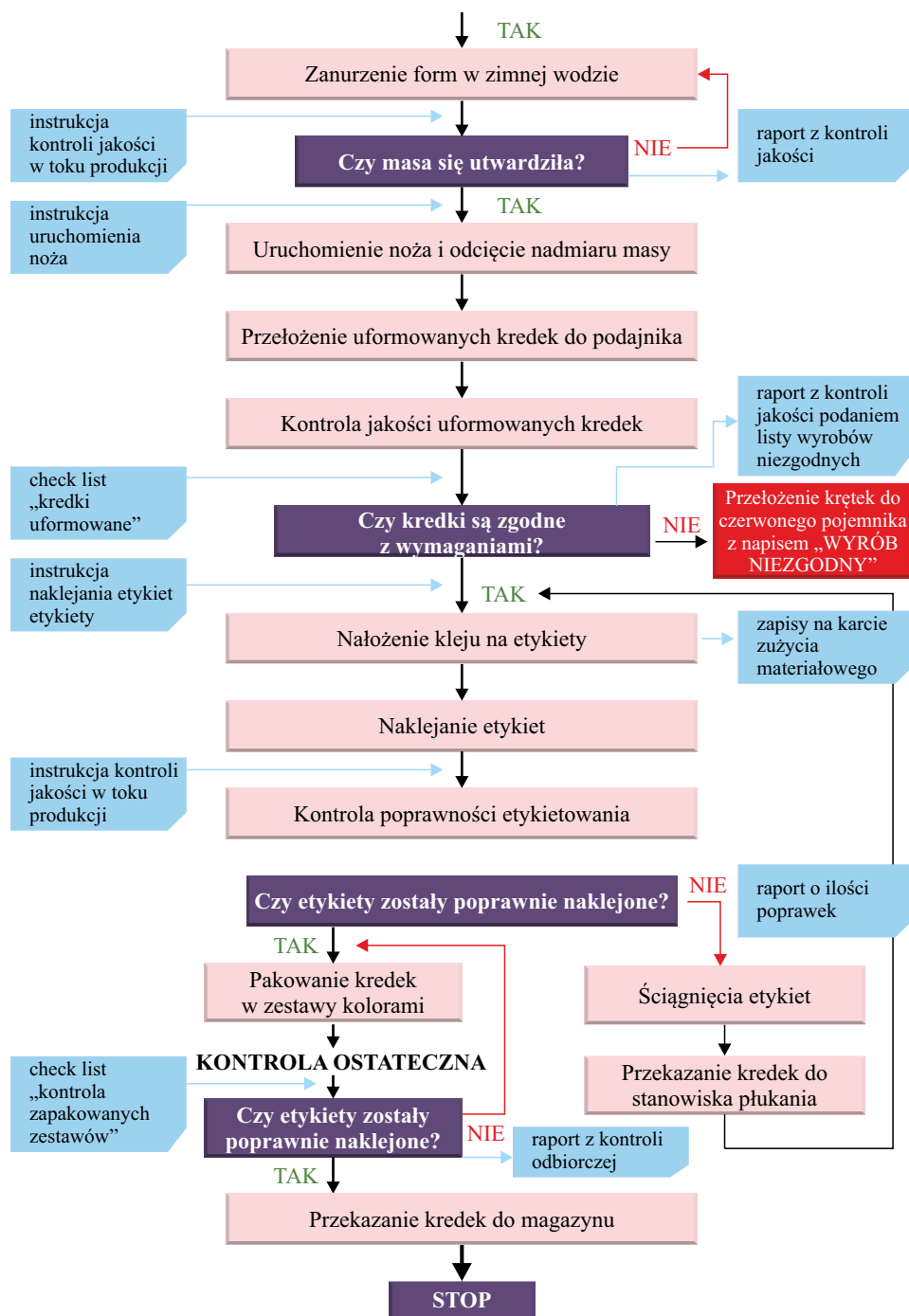
Przebieg procesu produkcji kredek woskowych zaprezentowano na diagramie procesu na rysunku 2.1.

Pracownik produkcji umieszcza wosk i parafinę w mieszalniku zgodnie z ilościami wskazanymi w karcie technologicznej. Następnie uruchamia proces mieszania wosku i parafiny oraz zapisuje w systemie produkcyjnym w karcie zużycia materiałowego dokładną masę surowców znajdujących się w mieszalniku. Wosk i parafina łączą się, po czym następuje topienie składników. Czas i temperaturę topnienia określono w karcie technologicznej – według tych informacji pracownik ustawia parametry linii produkcyjnej. Po upływie określonego czasu następuje kontrola topienia, którą pracownik wykonuje zgodnie z instrukcją kontroli jakości w toku produkcji. Wyniki kontroli zapisuje się w systemie

¹ Ustawy, rozporządzenia i inne akty prawne, które są związane z danym procesem produkcyjnym, wynikają z jego specyfiki. Należy każdorazowo przemyśleć, które akty prawne mogą wpływać na przebieg procesu. Wymagań prawnych należy szukać na stronie internetowej www.isap.sejm.gov.pl (dostęp: 20.02.2023) lub z wykorzystaniem licencjonowanych oprogramowań służących do tego celu (wykorzystanie jedynie wyszukiwarek internetowych nie pozwoli na sprawdzenie, czy akt prawny jest obowiązujący, czy jest wycofany lub zastąpiony innym). W opracowaniu podano jedynie przykład ustaw, które mają wpływ na organizację procesu produkcyjnego.

² Norm należy szukać na stronie Polskiego Komitetu Normalizacyjnego www.pkn.pl, przydatna może być również witryna www.ekoinfonet.pl (dostęp: 20.02.2023).





Rysunek 2.1.
 Diagram procesu dla procesu produkcji kredek woskowych
 Źródło: opracowanie własne.

produkcyjnym w raporcie z kontroli jakości. Należy zwrócić uwagę, że jest to typowy moment decyzyjny w procesie. Jeśli wyniki analizy topienia wskazują, że wosk i parafina nie stopiły się wystarczająco, należy kontynuować topienie. W przypadku, gdy wyniki kontroli są pozytywne i wymagania dla tego etapu procesu są spełnione, dodawane są składniki syntetyczne i inne składniki chemiczne, a następnie barwniki. Wszystko jest ponownie mieszane do uzyskania pożądanego koloru. Pracownik specjalnym nabierakiem pobiera z mieszalnika próbkę mieszaniny w celu oceny osiągniętego koloru. Pracownik porównuje pobraną próbkę z wzornikiem kolorów. Odbywa się to zgodnie z instrukcją kontroli jakości w toku produkcji, a wyniki kontroli zapisywane są w systemie produkcyjnym w raporcie z kontroli jakości. W tym momencie w procesie następuje kolejny moment decyzyjny, ponieważ, jeśli kolor nie jest zgodny z wzornikiem, należy kontynuować mieszanie składników, a jeśli spełnia on wymagania, masa jest wlewana do form i zanurzana w zimnej wodzie.

Po upływie czasu chłodzenia następuje kontrola utwardzenia, która również jest realizowana zgodnie z instrukcją kontroli jakości w toku produkcji, a wyniki kontroli zapisywane są w systemie produkcyjnym w raporcie kontroli jakości. Jeśli kredki nie są wystarczająco utwardzone, konieczne jest ponowne zanurzenie form, a jeśli są odpowiednio twarde, uruchamiany jest nóż i nadmiar masy jest odcinany z formy.

Odcięty nadmiar stanowi odpad produkcyjny. Uformowane kredki są przekładane do podajnika i segregowane w zależności od ich koloru. W tym momencie następuje kontrola jakości uformowanych kredek, którą przeprowadza pracownik kontroli jakości, wykorzystując do tego *check-list* „kredki uformowane”. Wyniki kontroli są zapisywane w raporcie w systemie produkcyjnym. Jeśli kredki nie spełniają wymagań, są przekładane do czerwonego pojemnika z napisem „wyrób niezgodny”. Wówczas dalsze postępowanie odbywa się w procesie nadzorowanie niezgodności. Jeśli wymagania dla uformowanych kredek są spełnione, następuje etykietowanie pojedynczych kredek, które również jest kontrolowane. Jeśli wymagania nie są spełnione, konieczne jest ściągnięcie etykiet i płukanie kredek z resztek kleju, a następnie etykietowanie. Jeśli wymagania są spełnione, kredki pakowane są w zestawy. Dopiero wówczas odbywa się kontrola ostateczna, którą przeprowadza pracownik kontroli jakości w oparciu o *check-list* („kontrola zapakowanych zestawów”). Po pozytywnych wynikach kontroli ostatecznej wyrób jest przekazywany do magazynu. Dalsze postępowanie odbywa się w procesie **magazynowanie**.

Sprawdź, czy już umiesz

Zadanie 1

Wyobraź sobie dowolny proces produkcyjny. Jeśli masz trudność z wizualizacją, obejrzyj na youtube.com odcinek programu pt. *Jak to jest zrobione*. Po obejrzeniu filmu spróbuj narysować prosty diagram procesu. Nie musisz rozpoznać wszystkich wejść, wyjść, dokumentów, zapisów i odpowiedzialności. Ważne, żebyś potrafił/a graficznie przedstawić przebieg obserwowanego procesu.

Zadanie 2

Na podstawie poniższego opisu określ cel procesu, wejście do procesu i wyjście z niego oraz narysuj diagram procesu.

Przedsiębiorstwo branży spożywczej zajmuje się produkcją chipsów ziemniaczanych. Musi ono spełnić wiele wymagań prawnych (np. w myśl ustawy o bezpieczeństwie żywności i żywienia), wymagań normatywnych dotyczących stosowanych surowców, wymagań sanitarnych itp. Ziemniaki – podstawowy surowiec do produkcji chipsów – są pobierane z magazynu, a następnie kontrolowane zgodnie z wytycznymi zawartymi w instrukcji kontroli ziemniaków. Wyniki kontroli zapisywane są w raporcie z kontroli surowca w wersji elektronicznej. Jeśli ziemniaki nie spełniają wymagań, są umieszczane w pojemniku i przekazywane do utylizacji. Jeśli wyniki kontroli są pozytywne, pracownik produkcji umieszcza ziemniaki w myjce, a następnie wypełnia ją wodą. Odbywa się mycie ziemniaków – czynność ta jest powtarzana dwukrotnie. Po myciu ziemniaków konieczne jest ich obranie. Proces ten jest realizowany automatycznie. Po nim odbywa się pierwsza kontrola jakości produkcji w toku. Pracownicy sprawdzają organoleptycznie obrane ziemniaki (zgodnie z instrukcją kontroli po obieraniu). Ziemniaki z widocznymi defektami (określonymi w instrukcji) przekazywane są do kompostownika, a ziemniaki, których wygląd jest zgodny z wymaganiami, umieszcza się na taśmie. Wyniki kontroli są raportowane.

Po kontroli odbywa się transport warzyw taśmą do wagi. W przedsiębiorstwie używane są tylko wagi posiadające aktualne świadectwa legalizacji, a nadzór nad sprzętem kontrolno-pomiarowym obejmujący również wagi, odbywa się w procesie nadzór nad sprzętem kontrolno-pomiarowym. Po pierwszym zważeniu ziemniaki są suszone. Czas, temperatura i poziom nawiewu podczas suszenia są wskazane w karcie technologicznej. Po wysuszeniu ziemniaki są ponownie odważane, a następnie transportowane taśmą do krajalnika. Następuje krojenie na cienkie plastry. Krajalnik jest zaprogramowany przez pracownika zgodnie z instrukcją obsługi krajalnika. Z krajalnika pokrojone ziemniaki ponownie są

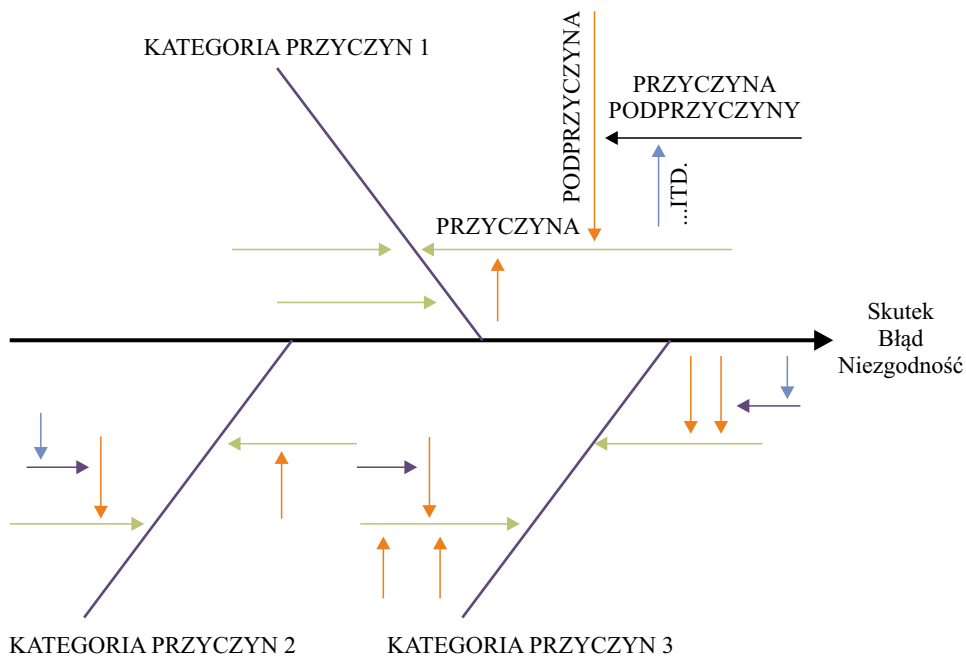
transportowane do wagi i na tej podstawie odważane są przyprawy i inne składniki niezbędne w dalszej części procesu. Po odważeniu plastrów ziemiaki są transportowane do kotła i tam smażone na chipsy. Czas i temperatura smażenia określone są w karcie technologicznej. W trakcie smażenia przygotowywane są przyprawy, których skład i ilość odnotowano w karcie technologicznej. Przyprawy są odważane i umieszczone w mieszalniku. Usmażone chipsy są wsypywane do przypraw i rozpoczyna się proces mieszania. Po wymieszaniu wszystkich składników następuje kontrola ostateczna zgodnie z instrukcją kontroli końcowej. Kontrola jest dokumentowana. Gotowe chipsy są przekazywane do strefy pakowania. Dalsze postępowanie odbywa się w procesie: **pakowanie wyrobu gotowego**.

2.2. Diagram Ishikawy (diagram przyczynowo-skutkowy)

Twórcą diagramu jest Kaoru Ishikawa (1915–1989), profesor Uniwersytetu Tokijskiego. Jego diagram był po raz pierwszy zastosowany na terenie Japonii w Sumitomo Electric (Hamrol, Mantura, 2005; Mazur, Gołaś 2010; Pacana, Siwec, 2020). Diagram Ishikawy służy do przedstawiania i analizy związków przyczynowo-skutkowych. Dzięki kompleksowej analizie przyczyn możliwe jest rozwiązywanie problemów. Z tego powodu diagram Ishikawy zwany jest często diagramem przyczynowo-skutkowym. Narzędzie to cieszy się od początków istnienia bardzo dużym uznaniem i zainteresowaniem, a jego zastosowanie jest możliwe w wielu obszarach funkcjonowania organizacji. Diagram Ishikawy jest powszechnie stosowany w przedsiębiorstwach różnych branż. Może być używany do analizy ryzyka zakłóceń linii elektroenergetycznych (Gonçalves i in., 2023), analizy przyczyn przeludnienia na oddziałach szpitalnych na Haiti (Jean-Baptiste i in., 2023) czy np. analizy dysfunkcji placówek służby zdrowia w konsekwencji zagrożeń klimatycznych i zmian klimatu uznanych za największe zagrożenie dla zdrowia w XXI wieku (Guihenneuc i in., 2022). Najważniejszą cechą tego narzędzia jest możliwość graficznej prezentacji skategoryzowanych przyczyn wywołujących określony skutek. Innymi słowy diagram Ishikawy pozwala na określenie przyczyn jakiegoś zdarzenia (najczęściej niepożądanego) i przedstawienie go w uporządkowanej formie graficznej. Celem zastosowania diagramu Ishikawy jest rozpoznanie przyczyn poniesionych lub potencjalnych niepowodzeń przedsięwzięć. Zarazem wykres Ishikawy sprzyja nie tylko wyszukiwaniu nowych przyczyn, lecz także przypomina o przyczynach, które należy monitorować, by uzyskać zadowalający wynik procesów produkcyjnych. Narzędzie służy do systemowego ujmowa-

nia, szeregowania czynników wpływających na dane zjawisko i powodujących określony skutek. Diagram Ishikawy stosowany jest zazwyczaj w połączeniu z innymi narzędziami. Często jego analizie towarzyszy burza mózgów, stanowiąca integralne narzędzie znajdowania rozwiązań (Jedliński 2002; Wolniak, Skotnicka 2007). Omawiany diagram jest również wsparciem dla wielu metod zarządzania jakością, które wymagają przeprowadzenia analizy przyczyn, np. analiza przyczyn i skutków wad FMEA, metoda Global 8D i wiele innych (Mazur, Małecka, 2019).

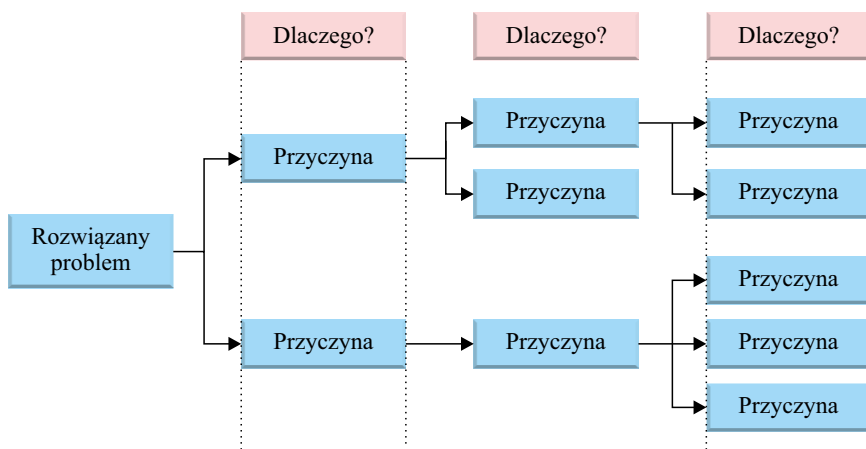
Diagram ma kształt przypominający rybią ość, gdzie „głowa ryby” oznacza problem do rozwiązania, „kręgosłup” to kategorie przyczyn (grupy według których posegregowane zostały przyczyny) mogące powodować wystąpienie omawianego problemu. Pozostałe strzałki, czyli „ości” oznaczają przyczyny zaliczone do danej grupy. Przykład diagramu Ishikawy przedstawiono na rysunku 2.2.



Rysunek 2.2.
Układ diagramu Ishikawy
Źródło: opracowanie własne.

Należy zauważyć, że identyfikowanie przyczyn często nie wystarcza. Czasem należy pogłębić analizę, identyfikując nie tylko przyczynę, lecz także również podprzyczynę przyczyny i głębiej podprzyczynę przyczyny przyczyny, np. można się kierować założeniami analizy 5 WHY, która jest narzędziem

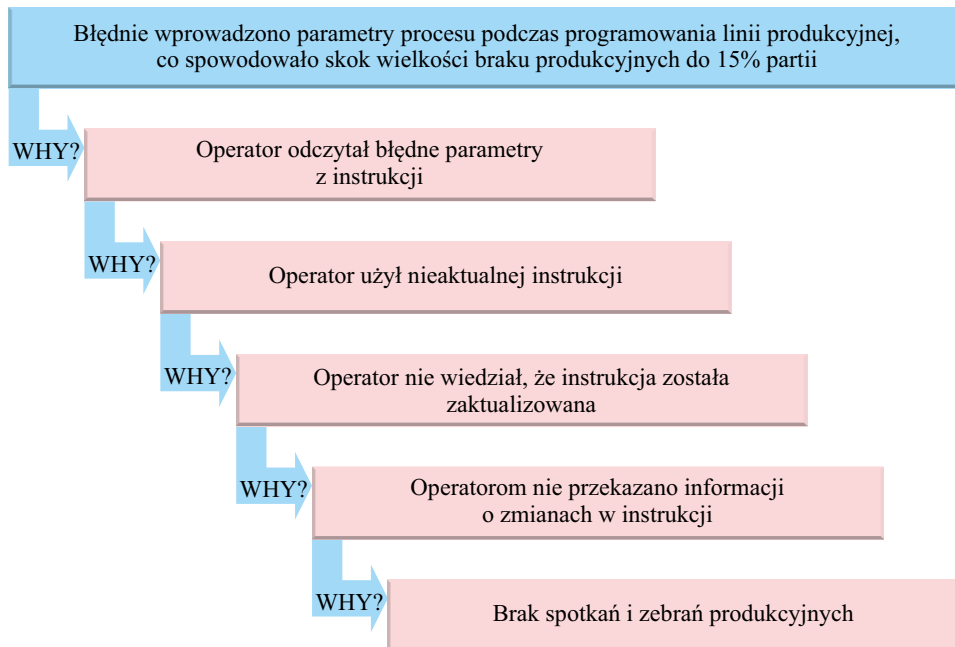
wykorzystywanym do poszukiwania przyczyn stwierdzonych uchybień, niezgodności, sytuacji niepożądanych. W analizie tej staramy się około 5³ razy zadać pytanie „dlaczego?”, aby dotrzeć do źródła – odnaleźć faktyczną przyczynę danego problemu. **Metoda 5 Why** często przyjmuje formę diagramu drzewkowego, prezentującego przyczyny problemów (zob. rysunek 2.3). Zadawanie kilku pytań „dlaczego?” pozwala odnaleźć źródła zakłóceń, wnikliwie zbadać ich przyczyny, a w konsekwencji uzyskać skuteczne krótko- i długoterminowe rozwiązanie. **Diagram 5 WHY** jest pomocny w ocenie źródeł problemów oraz zależności zachodzących między nimi. Może być wykorzystywany na przykład w analizie uchybień w realizacji procesów czy przyczyn reklamacji, np.



Rysunek 2.3.
Schemat diagramu 5 WHY
Źródło: opracowanie własne.

³ Pięć określa umowną liczbę pytań „Dlaczego?”. Czasem można zapytać trzy razy, czasem sześć.

Dzięki zadawaniu pytań „dlaczego?”, problem staje się bardziej zrozumiały. Tym samym podstawowa przyczyna jego powstania jest łatwiejsza do zidentyfikowania i wyeliminowania. Przykład diagramu 5 WHY przedstawiono na rysunku 2.4.



Rysunek 2.4.
Przykład wykorzystania analizy 5 WHY
Źródło: opracowanie własne.

Analiza 5 WHY obejmuje dwa aspekty. Konieczne jest zadanie sobie dwóch pytań:

„Dlaczego problem powstał?” – na tym etapie zastanawiamy się nad przyczynami wystąpienia problemu, np. próbujemy dociec, dlaczego dany produkt został wyprodukowany z defektem.

„Dlaczego tego nie zauważyliśmy?” – musimy się zastanowić, dlaczego system kontroli i nadzoru nie wykrył problemu.

Analiza **5WHY** wykorzystywana jest do wykrywania źródeł powstających problemów czy też w sytuacji, gdy inne analizy okazały powierzchowne na tyle, że nie wskazano problemu. Analiza 5WHY może być wsparciem dla diagramu Ishikawy. W diagramie Ishikawy bardzo ważne jest właściwe zdefiniowanie kategorii przyczyn. Aby umożliwić szybkie wyszukiwanie głównych przyczyn problemu, opracowano koncepcję 5M.

Według tej koncepcji w większości problemów analiza powinna koncentrować się na głównych pięciu kategoriach przyczyn: *Manpower* (siła robocza), *Methods* (metody), *Machines* (maszyny), *Materials* (materiały), *Management* (zarządzanie). Z czasem koncepcję tę rozszerzono o szóstą kategorię przyczyn – *Environment* (środowisko, otoczenie). Jej dodanie umożliwiło bardziej kompleksową analizę.

Podstawowa koncepcja 5M + E zawiera sześć wyodrębnionych grup przyczyn:

1. ***Manpower*** – siła robocza – odnieść ją można do: wiedzy, kompetencji, stażu pracy, komfortu psychicznego, przyzwyczajenia, doświadczenia, a także do kwestii motywacyjnych danego człowieka.
2. ***Machines*** – maszyny – zaplecze techniczne. Grupa odnosząca się do przyczyn powiązanych z wykorzystywanymi maszynami, narzędziami. Można także odnieść ją do: wydajności, precyzji, licencji, nowoczesności, bezpieczeństwa, możliwości, warunków pracy.
3. ***Methods*** – metody – kategoria, która obejmuje przyczyny związane z procesami produkcji. Istotne są: instrukcje, procedury, know-how, normy, przepisy prawne, używana technologia, specyfikacje techniczne, instrukcje.
4. ***Materials*** – materiały – przyczyny związane z surowcami oraz wszystkimi materiałami niezbędnymi do produkcji.
5. ***Management*** – zarządzanie – kategoria obejmująca problemy wynikające z zarządzania takie jak: motywacja, przewożenie, struktura organizacyjna, organizacja pracy w przedsiębiorstwie i jej warunki.
6. ***Environment*** – **środowisko** – otoczenie procesu, kategoria obejmująca zarówno **środowisko** funkcjonowania procesów, jak i otoczenie zewnętrzne i wewnętrzne analizowanego zagadnienia (Suárez-Barraza, Rodríguez-González, 2019).

Stosowanie diagramu Ishikawy w układzie **5M+E** ma wiele zalet. Pozwala między innymi kompleksowo przeanalizować problem, a ponadto umożliwia porównywanie wyników w określonych kategoriach przyczyn. Należy pamiętać, że nie ma rozwiązań idealnych, dlatego i ta koncepcja ma pewne ograniczenia. Istnieje ryzyko, że jeśli zespoły pracujące nad rozwiązaniem problemu z wykorzystaniem diagramu Ishikawy będą się zbyt sztywno trzymać zasad, zaczną na siłę wymyślać przyczyny, które nie muszą mieć jakiegokolwiek wpływu na analizowaną sytuację. Poza tym trzeba pamiętać, że jest to wciąż narzędzie koncepcyjne i bardzo kreatywne, więc zachowanie zdrowego rozsądku i znacznej elastyczności jest istotne.

Często spotykanymi podziałami kategorii przyczyn jest również układ 4P:

- a) *place* rozumiane jako miejsce powstawania problemu,
- b) *procedure*, czyli procedury i sposoby postępowania,
- c) *olice*, czyli szeroko rozumiany czynnik ludzki,

- d) *olicie* rozumiane jako polityki postępowania, deklaracje osiągnięcia pewnych założeń).

Dużym powodzeniem w analizie przyczyn odnoszących się do usług cieszy się układ 4S diagramu Ishikawy, w którym poszczególne kategorie przyczyn oznaczają:

- a) *surroundings* otoczenie,
- b) *suppliers* dostawcy,
- c) *systems* systemy,
- d) *skills* umiejętności.

Diagram Ishikawy może być również analizowany w układach przedmiotowym i technologicznym. W układzie przedmiotowym skutkiem może być jakiś wadliwy wyrób, a kategoriami przyczyn są elementy i podzespoły tego wyrobu.

W układzie technologicznym skutkiem będzie źle realizowana operacja technologiczna, a kategoriami przyczyn są parametry tej operacji.

Do najważniejszych zalet diagramu Ishikawy należy:

- a) uporządkowany przekaz informacji,
- b) trafność analizy,
- c) kompleksowe podejście do rozpatrywanego zagadnienia,
- d) przejrzystość i komunikatywność zapisu,
- e) nacisk na identyfikację i eliminację przyczyn problemu,
- f) możliwość porównywania wyników, dzięki stosowaniu ujednoczonych kategorii przyczyn,
- g) łatwość przeprowadzenia analizy,
- h) krótki czas przygotowania uczestników do wdrożenia narzędzia – wystarczy znajomość zagadnienia i umiejętność myślenia przyczynowo skutkowego.

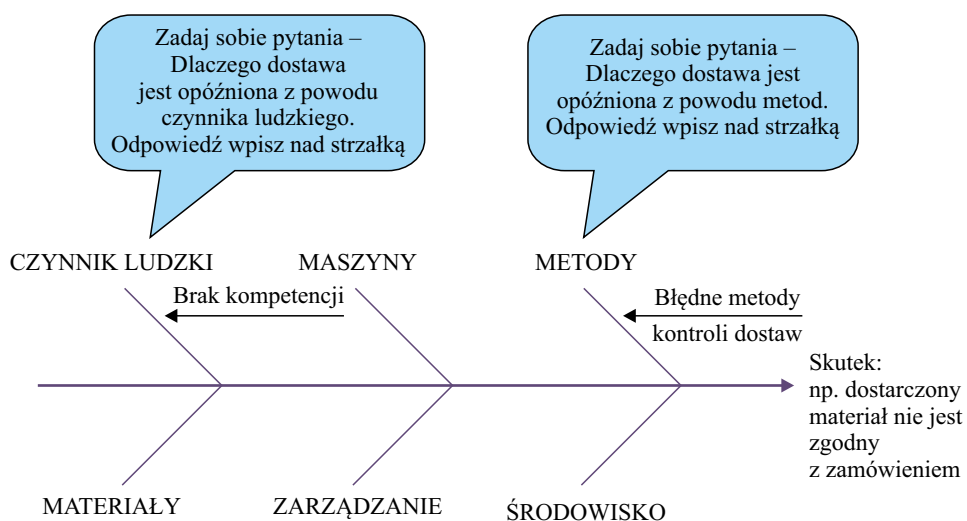
Diagram Ishikawy umożliwia elastyczną analizę istniejących bądź nieuświadomionych problemów. Wykres stanowi fundament do dalszych działań projakościowych. Dzięki prostocie formy oraz skoncentrowaniu na poszukiwaniu przyczyn, taki diagram jest skutecznym narzędziem doskonalenia procesów w przedsiębiorstwach (Jedliński, 2002; Mazur, 2022; Wolniak, Skotnicka, 2007).

Procedura postępowania przy diagramie Ishikawy

1. Zidentyfikuj problem, czyli określ, jaki błąd, skutek, niezgodność będą analizowe, a następnie zapisz go na końcu strzałki głównej.
2. Określ główne kategorie przyczyn – zdecyduj, czy zastosujesz koncepcję 5M+E czy też 4P. Możesz również samodzielnie zdefiniować kategorie

przyczyn, w obszarze których poprowadzisz analizę. Narysuj strzałki dochodzące do strzałki głównej, a na szczycie każdej z nich zapisz nazwy kategorii przyczyn.

3. Poszukuj przyczyn w obrębie każdej zidentyfikowanej kategorii przyczyn. Możesz posłużyć się burzą mózgów lub inną techniką kreatywnego myślenia (dla każdej grupy określonej na strzałkach dochodzących do strzałki głównej). Przykład znajdziesz na rysunku 2.5.



Rysunek 2.5.

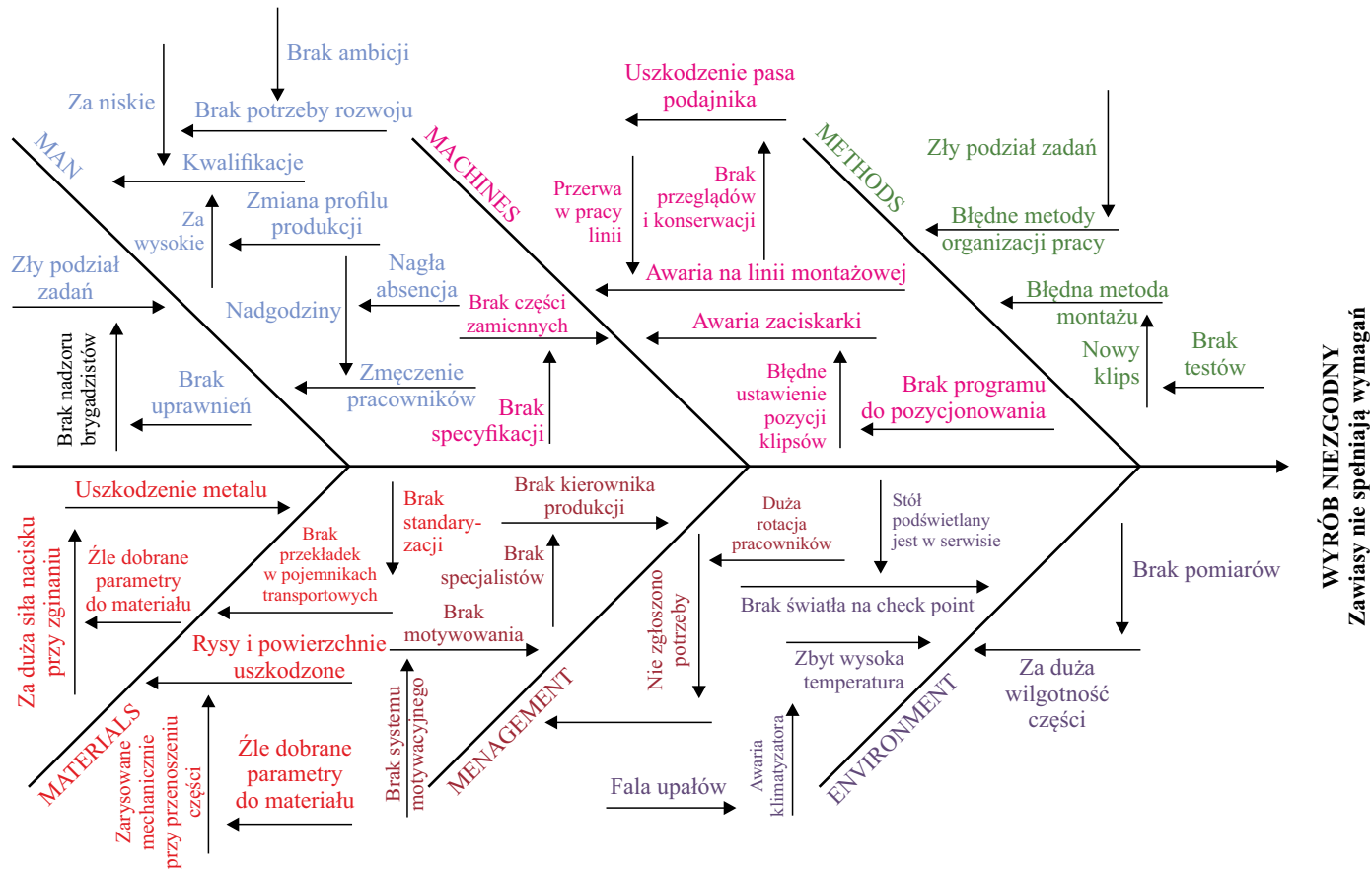
Tok postępowania podczas analizy z wykorzystaniem diagramu Ishikawy

Źródło: opracowanie własne.

4. Nie ograniczaj się wyłącznie do przyczyn. Możesz pogłębić analizę, wykorzystując schemat myślenia zgodny z 5 Why i poszukać podprzyczyn itd.
5. Przeanalizuj wyniki. Poddaj diagram szczegółowej analizie. Przyjrzyj się jak rozkładowi układu przyczyn, zanalizuj diagram, wyciągnij wnioski.

Przykład zastosowania diagramu Ishikawy

W przedsiębiorstwie produkującym zawiasy do drzwi samochodowych dla przemysłu branży *automotive* zauważono nagły wzrost ilości wyrobów niezgodnych powstających w procesie montażu. Postanowiono przeanalizować problem, wykorzystując do tego diagram Ishikawy. Przyjęto klasyczne podejście i postanowiono zbudować diagram w układzie 5M+E. Wyniki analizy przedstawiono na rysunku 2.6.



Rysunek 2.6.
 Diagram Ishikawy – przykład w układzie 5M+E
 Źródło: opracowanie własne.

Sprawdź, czy już umiesz

Zadanie 1

W magazynie wyrobu gotowego przeprowadzono inwenturę. Stwierdzono problem z uszkodzonymi wyrobami gotowymi, które powstały w procesie magazynowania. Co może być przyczyną tej sytuacji? Przeanalizuj problem, wykorzystując do tego diagram Ishikawy w układzie 5M+E.

Zadanie 2

Przedsiębiorstwo produkujące części zamienne do maszyn rolniczych zarejestrowało w ostatnim kwartale wyraźny wzrost reklamacji dotyczących dostawy części do klienta. Przeanalizuj problem, wykorzystując do tego diagram Ishikawy. Nie stosuj układu 5M+E, możesz wykorzystać układ 4P lub 4S lub dowolnie zdefiniować kategorie przyczyn.

2.3. Diagram Pareto-Lorenza

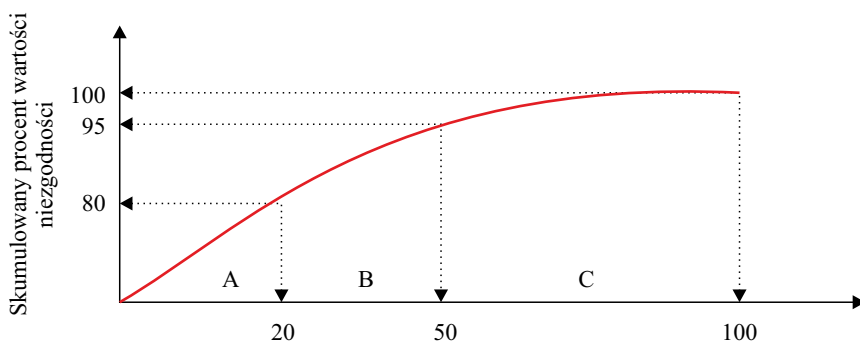
Diagram Pareto-Lorenza służy do hierarchizowania czynników, które mają wpływ na dane zjawisko. Ze względu na łatwość użycia oraz uniwersalność jest stosowany w różnych dziedzinach życia. Vilfredo Pareto, włoski ekonomista, na początku XX wieku zaobserwował, że 20% rodzin we Włoszech posiada 80% bogactwa narodowego. Na tej podstawie sformułował zasadę 80/20 (prawo nierównomiernego podziału), która mówi, że: 80% skutków wywołana jest przez 20% przyczyn, lub jeśli łatwiej to zapamiętać: 20% przyczyn decyduje o 80% skutków (Łuczak, Matuszak-Flejszman 2007; Mazur, Gołaś 2010; Hamrol, Mantura 2005). Ta zasada sprawdza się w wielu dziedzinach życia:

- a) produkcja 20% typów wyrobów zapewnia 80% ogólnej wartości sprzedaży,
- b) 20% operacji w procesie produkcyjnym warunkuje 80% kosztów wytwarzania,
- c) 20% informacji wpływa na 80% podjętych decyzji,
- d) 80% skarg w supermarketach pochodzi od grupy 20% klientów,
- e) 80% złych kredytów jest w rękach 20% dłużników,
- f) 80% braków jest skutkiem 20% przyczyn (Mazur, Gołaś 2010).

Dzięki zastosowaniu tej zależności, istnieje możliwość wykrycia konkretnych obszarów wymagających udoskonalenia, których poprawa przyniesie znaczące

efekty. Jeśli zareagujemy na te 20% przyczyn dowolnymi działaniami doskonalącymi, to poprawimy aż 80% rezultatów.

Dodatковым atutem tej metody jest możliwość uzyskania klarownej hierarchizacji czynników, które mają wpływ na badany obszar i ich graficzne przedstawienie (Hibner, 2017). Na rysunku 2.7 przedstawiono diagram Pareto-Lorenza z wyznaczonymi obszarami niezgodności.



Rysunek 2.7.

Przykład interpretacji diagramu Pareto-Lorenza

Źródło: Hibner 2017.

W diagramie Pareto-Lorenza można dokonać podziału na trzy obszary:

- obszar A** – to nieprawidłowości o najistotniejszym poziomie wpływu na przebieg funkcjonowania całego procesu. To właśnie te (około) 20% przyczyn ma największy wpływ na rezultaty, w związku z czym likwidacja tych nieprawidłowości jest priorytetem.
- obszar B** – zawiera nieprawidłowości o mniejszym wpływie na wyniki oraz funkcjonowanie analizowanego zjawiska i należy je ograniczyć w drugiej kolejności.
- obszar C** – jest to grupa z nieprawidłowościami o niskim poziomie ważności (Cierpiał, Knop, 2018).

Procedura postępowania przy diagramie Pareto-Lorenza

- Zbierz dane dotyczące badanego problemu, zjawiska. Mogą to być przyczyny pewnych zdarzeń, wyniki osiągnięte przez proces i inne informacje wyrażone liczbowo.
- Ułóż dane w kolejności od najważniejszej do najmniej ważnej, np. od najczęściej do najrzadziej występującej przyczyny, od najgroźniejszego oddziaływania czynnika środowiska pracy do najmniej inwazyjnego itp.

3. Określ liczbę wystąpienia analizowanych sytuacji.
4. Określ procentowy udział zdarzenia w całości obserwacji, np. jeśli łącznie mamy 300 przyczyn jakiegoś zjawiska, to 300 stanowi 100%.
5. Podaj dla przyczyn ich skumulowane wartości.
6. Rozpocznij rysowanie wykresu i najpierw oznacz osie: wartości będą na osi Y, przyczyny uszeregowane na osi X.
7. Nanieś wykres słupkowy, czyli wykres Pareto – uwzględnij procentowe wartości udziału poszczególnych błędów w analizowanej sytuacji.
8. Wyznacz krzywą Lorenza, czyli zaznacz wartości skumulowane.
9. Wyciągnij wnioski: znajdź na osi Y wartość 80%, wyznacz prostą linią punkt przecięcia z krzywą Lorenza, a następnie wyznacz od tego punktu prostą do przecięcia z osią X. W ten sposób zidentyfikujesz zjawiska znajdujące się w strefie A, czyli wymagające niezwłocznego udoskonalenia.

Przykład zastosowania diagramu Pareto-Lorenza

W przedsiębiorstwie produkującym zawiasy do drzwi samochodowych dla przemysłu branży *automotive* zauważono nagły wzrost ilości wyrobów niezgodnych powstających w procesie montażu. Wszystkie stwierdzenia wadliwego wyrobu zostały zarejestrowane w systemie produkcyjnym z dokładnym wskazaniem daty zidentyfikowania niezgodności. Łącznie stwierdzono 1326 zdarzeń, zidentyfikowano 13 przyczyn, które mogły spowodować powstanie wyrobu niezgodnego. Z zapisów z systemu produkcyjnego odczytano, które przyczyny były podawane podczas rejestracji zdarzenia. Zdarzenia posegregowano według częstości wystąpień, a dla wszystkich przyczyn policzono ich procentowy udział w zidentyfikowanych przyczynach. Następnie obliczono wartość skumulowaną.

Tabela 2.3.

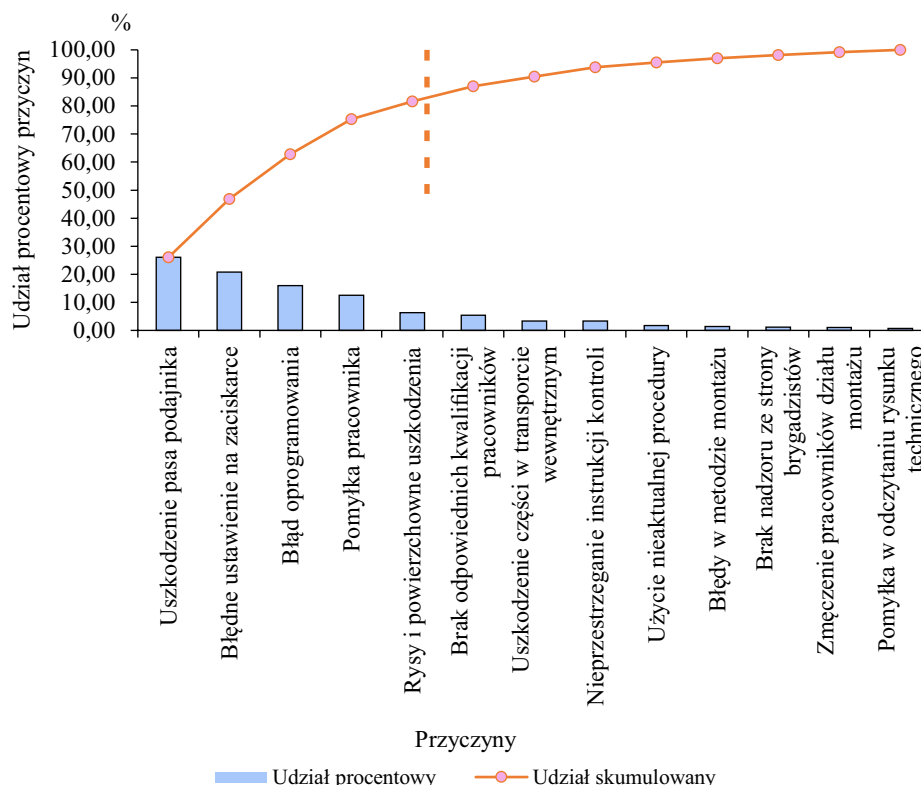
Zdarzenia powodujące wystąpienie wyrobu niezgodnego zarejestrowane w czwartym kwartale 2022 roku

Przyczyna powodujące powstanie wyrobu niezgodnego	Liczba zdarzeń niepożądanых	Udział procentowy	Udział skumulowany
Uszkodzenie pasa podajnika	345	26,02%	26,02%
Błędne ustawienie na zaciskarce	276	20,81%	46,83%
Błąd oprogramowania	212	15,99%	62,82%
Pomyłka pracownika	166	12,52%	75,34%
Rysy i powierzchniowe uszkodzenia	84	6,33%	81,67%
Brak odpowiednich kwalifikacji pracowników	71	5,35%	87,03%
Uszkodzenie części w transporcie wewnętrznym	45	3,39%	90,42%

Przyczyna powodujące powstanie wyrobu niezgodnego	Liczba zdarzeń niepożądanych	Udział procentowy	Udział skumulowany
Nieprzestrzeganie instrukcji kontroli	45	3,39%	93,82%
Użycie nieaktualnej procedury	23	1,73%	95,55%
Błędy w metodzie montażu	19	1,43%	96,98%
Brak nadzoru ze strony brygadzystów	16	1,21%	98,19%
Zmęczenie pracowników działu montażu	14	1,06%	99,25%
Pomyłka w odczytaniu rysunku technicznego	10	0,75%	100,00%
SUMA	1326	100,00%	

Źródło: opracowanie własne.

Na tej podstawie narysowano wykres Pareto-Lorenza – zob. rysunek 2.8.



Rysunek 2.8.

Wykres Pareto-Lorenza – przykład

Źródło: opracowanie własne.

Analizując powyższy przykład, możemy jednoznacznie stwierdzić, że w strefie A znajdują się przyczyny, takie jak: uszkodzenie pasa podajnika, błędne ustawienie na zaciskarce, błąd oprogramowania oraz pomyłka pracownika. Tymi kwestiami należy zająć się w pierwszej kolejności, inicjując proces doskonalenia. Poza tym uruchomienie działań doskonalących we wspomnianym obszarze przyniesie największe rezultaty.

W strefie B znajdują się kolejne cztery przyczyny, którymi są: rysy i powierzchowne uszkodzenia, brak odpowiednich kwalifikacji pracowników, uszkodzenie części oraz nieprzestrzeganie instrukcji kontroli. Warto się nimi zająć, lecz ich naprawienie nie jest pilne. Wskazane przyczyny nie wymagają natychmiastowych działań, gdyż ich rezultaty nie będą miały tak znaczącego wpływu na wyniki całego procesu, jak ma to miejsce w przypadku przyczyn zdefiniowanych w strefie A.

W strefie C znajdują się wszystkie pozostałe przyczyny wyszczególnione na wykresie. Są to obszary, które nie wymagają podejmowania zorganizowanych działań doskonalących, należy jednak je obserwować i analizować, czy nie zwiększył się ich wpływ na ogólny rezultat procesu.

Sprawdź, czy już umiesz

Zadanie 1

W przedsiębiorstwie postanowiono przeanalizować wszystkie niezgodności, które wystąpiły w procesie produkcyjnym kubków ceramicznych z nadrukiem, oraz zastanowić się, czy istnieje pewna grupa przyczyn, które są powtarzalne bądź występują częściej od pozostałych. Do tej analizy wykorzystano prowadzone raporty 8D, protokoły reklamacyjne, wyniki raportów audytów wewnętrznych i protokoły niezgodności wewnętrznych. Analizie poddano okres 12 miesięcy. W tabeli 2.4 zestawiono wszystkie przyczyny wraz z liczbą wystąpień w analizowanym okresie.

Tabela 2.4.
Przyczyny niezgodności w procesie produkcyjnym

Lp.	Przyczyna	Liczba niezgodności w analizowanym okresie
1	niedotrzymanie czasu chłodzenia	48
2	pomyłone numery na etykiecie	31
3	brak etykiety	149
4	użycie niezatwierdzonego sprzętu kontrolno-pomiarowego	64

Lp.	Przyczyna	Liczba niezgodności w analizowanym okresie
5	nieprzestrzeżenie instrukcji	138
6	brak stabilności temperatury	23
7	źle ustawione parametry pieca	182
8	błędny odczyt parametrów z pieca	56
9	zabrudzenia na surowcu	93
10	pęknięcie i rysy na wyrobie gotowym	81
11	zmęczenie pracownika	111
12	niedotrzymanie terminu dostawy partii wyrobu	78
13	błędy w pakowaniu	44
	Suma	1098

Źródło: opracowanie własne.

Uzereguj przyczyny od najczęściej występujących do najrzadziej. Oblicz procentowy udział każdej z nich oraz wartość skumulowaną. Narysuj wykres Pareto-Lorenza. Wyciągnij wnioski.

Zadanie 2

Przeanalizuj raz jeszcze przykład z zadania 1. Jakie działania doskonalące proponujesz, żeby jak najszybciej poprawić wyniki procesu produkcyjnego? Wskaż je, opracuj plan działań doskonalących i przeprowadź symulację ukazującą jak – Twoim zdaniem – zmieni się rozkład na wykresie Pareto-Lorenza po wdrożeniu działań, które proponujesz.

2.4. Histogram

Histogram jest narzędziem statystycznym. Służy do graficznej prezentacji rozkładów empirycznych, czyli opisów wyników badań statystycznych określających częstotliwość występowania analizowanych zjawisk. Histogram stanowi graficzną prezentację badanych wartości procesu lub zdarzeń w postaci wykresu słupkowego zmienności określonego zbioru danych. Jest to narzędzie do wizualizacji określonych informacji dotyczących przebiegu różnych zjawisk (Łuczak, Matuszak-Flejszman 2007), służy do prezentowania danych liczbowych. W spo-

sób graficzny odzwierciedla zjawiska, zdarzenia oraz wartości procesu. Dzięki niemu możliwe jest graficzne zobrazowanie rozkładu dowolnej cechy w badanej populacji, a populacją tą mogą być na przykład pracownicy (badanie absencji, badanie wzrostu kompetencji), produkty (badanie cech niezgodnych, badanie reklamacji), procesy (liczba zakłóceń, wielkości parametrów) (Wawak, 2011), środowisko pracy (wielkości natężenia czynników szkodliwych). Dzięki histogramowi możliwa jest początkowa analiza danych (Wiśniewska, Grudowski, 2014). Dane prezentowane są na wykresie za pomocą słupków. Ich wysokość wskazuje na ilość danych w przedziale, natomiast szerokość określa przedział znajdujący się w ich granicach (Kowalczyk, 2012).

Procedura postępowania przy histogramie

1. Określ obiekt badań, analizowane cechy oraz sposoby ich pomiaru.
2. Losowo wykonaj pomiary analizowanego zjawiska, pamiętając o tym, że im większa jest ilość pomiarów, tym wyniki będą dokładniejsze.
3. Oblicz rozstęp danych, odejmując od wartości największej wartość najmniejszą: $R = x_{max} - x_{min}$.
4. Określ liczbę obserwacji.
5. Ustal ilość przedziałów. Przyjmuje się, że liczba przedziałów (k) powinna być większa od 5 i mniejsza od 20. Skorzystaj z tabeli 2.5.

Tabela 2.5.

Zasady ustalenia liczby przedziałów w zależności od liczebności

Liczba próbek n	Liczba przedziałów k
30 ÷ 50	6 ÷ 10
51 ÷ 100	7 ÷ 11
101 ÷ 200	8 ÷ 12
201 ÷ 500	9 ÷ 15

Źródło: opracowanie własne.

6. Określ szerokość przedziałów oraz wartość graniczną. Tworząc przedziały należy, przestrzegać następujących zasad:
 - szerokość przedziałów powinna być „naturalna” (np. co 0,02 mm, a nie co 0,0167),
 - klasy muszą się wykluczać! (np. $1,25 < x \leq 1,30$ albo $1,25 \leq x < 1,30$),
 - można podać granice tolerancji,
 - należy unikać przedziałów pustych.
7. Umieść dane w arkuszu kalkulacyjnym i zbuduj histogram. Pamiętaj o podpisaniu osi.

Przykład zastosowania histogramu

Dostawcy zewnętrzni, odbierając wyrób gotowy z magazynu skarżą się, że czas oczekiwania na ładunek jest zbyt długi. Jest to spowodowane tym, że magazynierzy czekają na ostatnie sztuki wyrobu gotowego, które zejdą ze stanowiska pakowania. Postanowiono przyjrzeć się procesowi pakowania i określić jak długo on trwa. Wysyłka występuje około trzy razy w ciągu ośmiu godzin pracy magazynu. Postanowiono losowo zmierzyć czas trzydziestu procesów pakowania wyrobu gotowego do wysyłki. Wyniki (w minutach) podano w tabeli 2.6.

Tabela 2.6.
Wyniki pomiaru czasu pakowania

12	11	12	13	12	14	15	22	13	16
23	26	11	13	16	17	16	13	25	22
18	19	21	23	13	26	24	22	18	20

Źródło: opracowanie własne.

Zauważmy, że dane przedstawione w tabeli tak naprawdę nic konkretnego nie przedstawiają. Można jedynie stwierdzić, że pakowanie wyrobu gotowego do wysyłki czasami trwa 11 sekund, czasami 14, a innym razem nawet 26. Należy zadać pytanie, ile czasu najczęściej zajmuje pakowanie. Na potrzeby pogrupowania podzielono przedział wartości cechy na przedziały klasowe i określono, ile razy dana wielkość wystąpiła. Liczba i rozpiętość przedziałów zostały tak dobrane, aby dawały przejrzysty obraz rozkładu. W przypadku próby 30 pomiarów przyjęto, że wartość $k = 6$. Wyniki przedstawiono w tabeli 2.7.

Tabela 2.7.
Szerokość i ilość przedziałów

Wynik pomiaru	Przedział	Ilość wystąpień
11	11–13,5	8
11		
12		
12		
12		
13		
13		
15		
15		
16		

Wynik pomiaru	Przedział	Ilość wystąpień
16		5
16		
17	16–18,5	3
18		
18		
19	18,5–21	3
20		
21		
22	21–23,5	5
22		
22		
23		
23		
24	23,5–26	4
25		
26		
26		

Źródło: opracowanie własne.

Następnym krokiem jest obliczenie rozrzutu wyników: $R = x_{max} - x_{min}$.

W analizowanym przypadku $R = 15$ ($x_{max} = 26$, $x_{min} = 11$), czyli 15 dzielimy na 6 przedziałów. $15 : 6 = 2,5$, więc przyjmujemy szerokość przedziału 2,5, co pozwoli wyłonić następujące przedziały:

- P1: < 11–13,5),
- P2: < 13,5–16),
- P3: < 16–18,5),
- P4: < 18,5–21),
- P5: < 11–23,5),
- P6: < 23,5–26).

Znając przedziały, możemy określić, ile razy w danym przedziale wystąpił określony czas pakowania (tabela 2.8.).

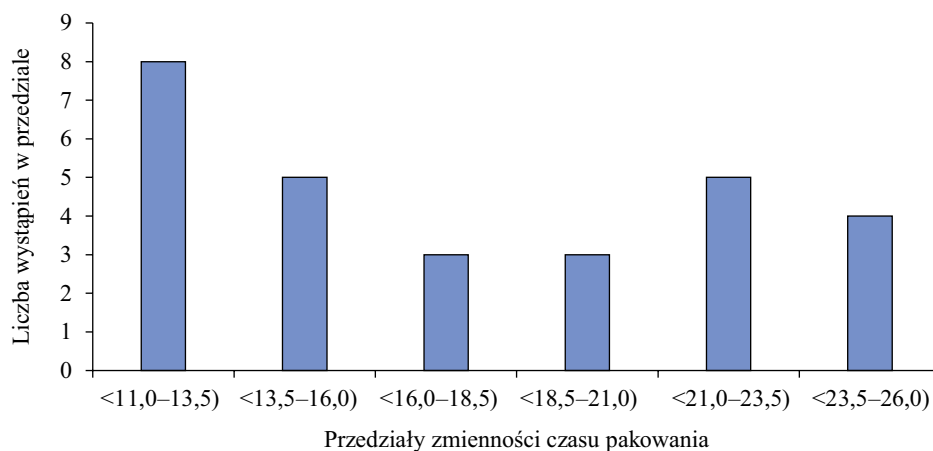
Tabela 2.8.
Podział na przedziały i liczebność w przedziałach

Przedział zmienności	liczba wystąpień
< 11,0–13,5)	8
< 13,5–16,0)	5

Przedział zmienności	liczba wystąpień
< 16,0–18,5)	3
< 18,5–21,0)	3
< 21,0–23,5)	5
< 23,5–26,0)	4

Źródło: opracowanie własne.

W związku z powyższym histogram będzie wyglądał następująco (zob. rysunek 2.9).



Rysunek 2.9.

Histogram zmienności czasu pakowania

Źródło: opracowanie własne.

Analizując histogram, można wyciągnąć znacznie więcej wniosków niż z samej obserwacji. Okazuje się, że najczęściej proces pakowania realizowany jest w przedziale od 11 do 13,5 sekundy. Zauważyć można również, że kolejne dwa przedziały liczące po pięć wystąpień analizowanego zjawiska wynoszą od ponad 13,5 sekundy do 16 sekund i od 21 do 23,5 sekundy. Tym zjawiskom należałoby przyjrzeć się bliżej, tj. spróbować dociec przyczyny takiego wydłużenia czasu pakowania.

Jak można zauważyć, histogram jest doskonałym narzędziem wejściowym do dalszych analiz jakościowych i stanowi elementarne narzędzie w szeroko pojętym procesie doskonalenia jakości.

Sprawdź, czy już umiesz

Zadanie 1

W myjni samochodowej organizacji, która świadczy usługi w zakresie mycia pojazdów osobowych i dostawczych do 3,5 tony (zarówno dla firm, jak i osób prywatnych) przeprowadzono analizę zużycia środków chemicznych wykorzystywanych do nablyszczaniem karoserii pojazdów. Przeanalizowano wyłącznie jeden program myjni: program P5 – mycie kompleksowe z aktywną pianą, myciem felg i nablyszczanie. Analizę zużycia nablyszczacza przeprowadzono dla konkretnej marki pojazdu: VW Tiguan. Losowo wybrano z systemu informacyjnego dane o zużyciu nablyszczacza w 50 zrealizowanych programach mycia. Wszystkie programy zostały zrealizowane w listopadzie, kiedy temperatura otoczenia myjni wahała się w przedziale od +1 do +5 stopni Celsjusza. Wyniki obserwacji podano w ml i przedstawiono w tabeli 2.9.

Tabela 2.9.
Wyniki obserwacji zużycia nablyszczacza w programie P5

150	179	170	156	175	156	169	156	140	146
156	152	160	125	128	152	177	152	136	165
160	177	165	175	169	170	152	169	126	170
134	150	158	164	166	153	166	134	138	150

Źródło: opracowanie własne.

Ustal ilość i szerokość przedziałów. Narysuj histogram i wyciągnij wnioski.

Zadanie 2

Zastanów się, jakie obserwacje możesz przeprowadzić oraz, które zjawiska analizować. Ustal, co może być przedmiotem analiz, żeby histogram był pomocny w interpretacji wyników. Zasymuluj taki problem, opisz go, zbierz dane, a następnie wykonaj niezbędne obliczenia. Narysuj histogram i wyciągnij wnioski.

2.5. Diagram korelacji (punktowy)

Diagram punktowy, znany również jako wykres punktowy i diagram korelacji, jest narzędziem służącym do analizy relacji między dwiema zmienny-

mi. Wykres korelacji przedstawia się w formie układu współrzędnych o osiach x i y , które reprezentują dwie zmienne.

Aby utworzyć diagram, należy na układ współrzędny nanieść zebrane pary danych. Im większa liczba par danych, tym bardziej wiarygodny będzie wynik. Związek pomiędzy zmiennymi może zaobserwować na wykresie, analizując sposób grupowania się punktów. Gdy punkty układają się w pobliżu pewnej krzywej, można wnioskować o istnieniu zależności między zmiennymi. Jeżeli punkty są rozproszone lub ułożone wzdłuż prostej prostopadłej do jednej z osi układu, to wskazuje to na brak korelacji między badanymi wielkościami. Początkowo wykres korelacji nie miał poparcia matematycznego. Statystycy wyrażali różne opinie na temat wykresu rozrzutu – wskazywali, że w niektórych przypadkach nie widać, czy wykres rośnie czy też maleje, czy zupełnie nie można stwierdzić korelacji. Powodem tego był właśnie brak wartości matematycznej. Karl Pearson obliczył współczynnik korelacji (r), który nadaje jej matematyczną wartość (Gogtay, Thatte 2017). Pozwoliło to na uporządkowanie zależności i umożliwiło powtarzalną analizę danych zaprezentowanych na wykresie. Współczynniki korelacji r -Pearsona przyjmują wartości z przedziału $[-1;1]$. Wartości te mówią o sile zależności między badanymi czynnikami. Im wynik współczynnika jest bliższy „0”, tym związek jest słabszy. Im bliżej „1”, lub „-1”, tym związek (dodatni lub ujemny) jest silniejszy. Wynik współczynnika korelacji należy interpretować według następujących zasad:

1. Jeśli $0,5 < r < 0,75$ – istnieje niewielka dodatnia korelacja.
2. Jeśli $0,75 < r < 0,99$ – istnieje silna korelacja dodatnia.
3. Jeśli $r = 1$ – istnieje idealnie dodatnia korelacja.
4. Jeśli $r = 0$ – nie ma asocjacji.
5. Jeśli $r = -1$ – istnieje idealnie ujemna korelacja.

Należy pamiętać, że wartość współczynnika korelacji $r = +/-1$ nie zawsze dowodzi istnienia związku przyczynowo-skutkowego. Nie powinno się szukać zależności przyczynowo-skutkowej na tym etapie. W większości przypadków zależność ta faktycznie będzie występowała, ale musi ona zostać poparta dodatkową analizą (Mantura, Hamrol, 2005).

Procedura postępowania przy diagramie korelacji

1. Określ obszar obserwacji i analizy. Wskaż, jaki problem i jaka relacja dwóch zmiennych będzie analizowana.
2. Zbierz dane. Określ zmienną X i zmienną Y .
3. Uporządkuj dane w tabeli.
4. Oblicz współczynnik korelacji r -Pearsona.

Żeby właściwie obliczyć współczynnik korelacji, należy określić najpierw kowariancję pomiędzy czynnikiem x i y : $cov(x,y)$, a uzyskany wynik podzielić przez iloczyn odchyłeń standardowych dla obu zmiennych. Dla ułatwienia ćwiczenia możesz skorzystać z gotowej formuły w arkuszu kalkulacyjnym.

5. Narysuj wykres korelacji. Pamiętaj o podpisaniu osi x i y .
6. Wyciągnij wnioski.

Przykład zastosowania diagramu korelacji

Sklep internetowy prowadzi sprzedaż wyrobów przemysłowych, których wysyłki realizowane są na terenie całej Europy z wykorzystaniem kilkudziesięciu firm kurierskich. Zwroty uszkodzonych paczek są nieodzwonne podczas prowadzenia działalności, jednak postanowiono sprawdzić, czy istnieje zależność między liczbą zwrotów a ilością firm kurierskich. Zwroty są rejestrowane w każdy piątek. Postanowiono wybrać losowo 15 piątków z pierwszego półrocza 2023 roku i przeanalizować wspomnianą zależność. Zmienną X jest liczba zwrotów od klientów, a zmienną Y liczba firm kurierskich realizujących wysyłki. Zebrane dane przedstawiono w tabeli 2.10.

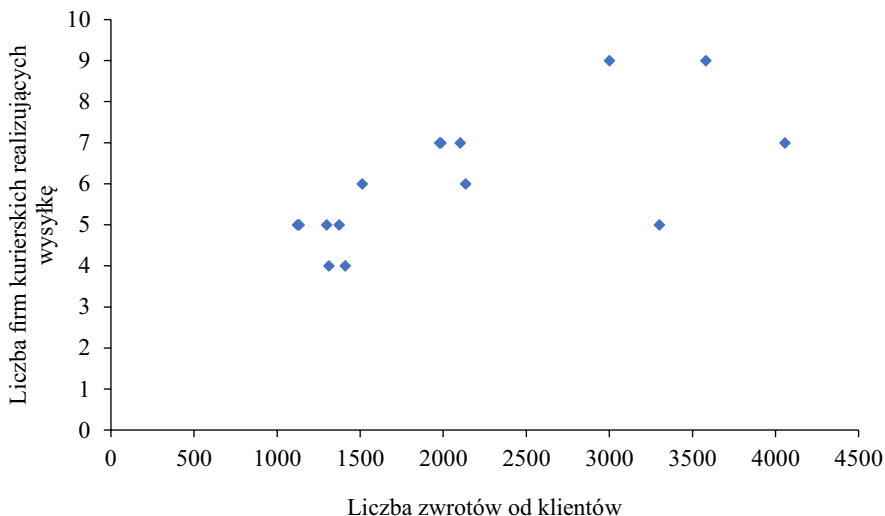
Tabela 2.10.

Wyniki obserwacji zależności między ilością zwrotów a liczbą firm kurierskich realizujących wysyłki w Europie

Numer obserwacji	Liczba zwrotów od klientów (X)	Liczba firm kurierskich realizujących wysyłki (Y)
1	1132	5
2	1410	4
3	1297	5
4	1986	7
5	3580	9
6	3000	9
7	1373	5
8	1511	6
9	3301	5
10	2102	7
11	1122	5
12	1978	7
13	4056	7
14	2134	6
15	1311	4

Źródło: opracowanie własne.

Dla zebranych danych obliczono współczynnik korelacji, który wynosi $+0,67$. Wykres korelacji przedstawiono na rysunku 2.10.



Rysunek 2.10.

Wykres korelacji

Źródło: opracowanie własne.

Współczynniki korelacji r-Pearsona przyjmują wartość na poziomie $0,67$, co oznacza, że istnieje niewielka korelacja dodatnia, czyli niewielki związek między liczbą zwrotów a ilością firm kurierskich realizujących zlecenie. Niemniej warto pogłębić analizę tej zależności z wykorzystaniem innych narzędzi statystycznych. Gdyby korelacja była bliska „1”, można by przypuszczać, że wraz ze wzrostem liczby firm kurierskich, będzie rosła liczba zwrotów. Takiej zależności zaobserwować nie można. Żeby wyciągnąć dalsze wnioski w kierunku doskonalenia tego obszaru, należałoby przeanalizować np. kryteria wyboru firm kurierskich.

Sprawdź, czy już umiesz

Zadanie 1

W przedsiębiorstwie produkcyjnym montowane są podzespoły do czujników pomiaru stężenia dwutlenku węgla w otoczeniu. Pracownicy linii montażowej wykonują precyzyjne czynności montażowe, realizują między innymi procesy lutowania niewielkich elementów miedzianych. Choć warunki środowiska pracy

są zgodne z wymaganiami prawnymi, pracownicy odczuwają zmęczenie. Temperatura na hali montażowej waha się od 21 do 29 stopni Celsjusza. Postawiono hipotezę, że ilość braków wykrytych w kontroli końcowej jest spowodowana zmęczeniem pracowników, wynikającym ze zbyt wysokiej temperatury otoczenia. Przeprowadzono obserwację, a wyniki zapisano w tabeli 2.11.

Tabela 2.11.

Wyniki obserwacji zależności między ilością braków a temperaturą otoczenia na hali montażowej

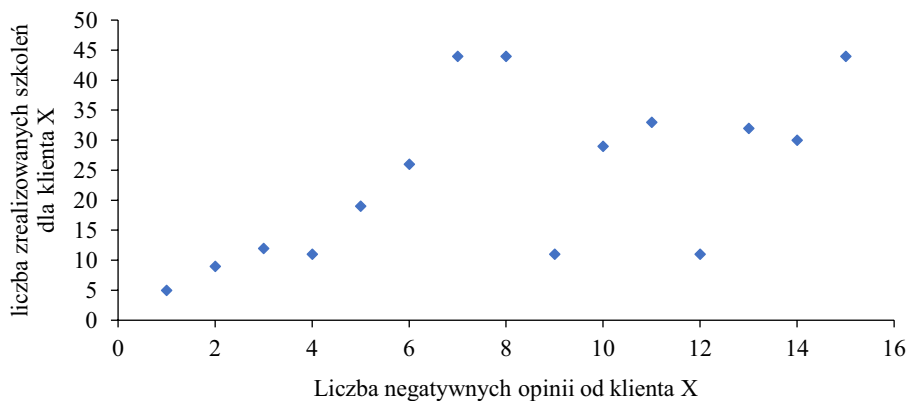
Temperatura otoczenia	Ilość braków produkcyjnych na jednej zmianie roboczej przy wielkości produkcji 1000 sztuk
21°C	7
22°C	7
23°C	11
24°C	12
25°C	14
26°C	14
27°C	24
28°C	25
29°C	28

Źródło: opracowanie własne.

Wyznacz współczynnik korelacji r-Pearsona, narysuj wykres korelacji i wyciągnij wnioski.

Zadanie 2

W przedsiębiorstwie świadczącym usługi szkoleniowe postawiono hipotezę, że ilość klientów, którzy wyrazili negatywne opinie o szkoleniu, jest uzależniona od liczby zrealizowanych szkoleń dla określonego klienta. Narysowano diagram korelacji. Przeanalizuj diagram przedstawiony na rysunku 2.11 i wyciągnij wnioski. Jaką zależność jesteś w stanie zaobserwować na podstawie wykresu? Czy masz pomysł, jak udoskonalić ten obszar?



Rysunek 2.11.

Diagram korelacji między liczbą szkoleń zrealizowanych dla klienta, a ilością negatywnych opinii od tego klienta

Źródło: opracowanie własne.

2.6. Arkusz kontrolny

Arkusz kontrolny to narzędzie, które pozwala zbierać i kompilować obserwacje lub dane. Arkusz kontrolny jest prostym narzędziem, służącym do usystematyzowanego zbierania danych o konkretnym procesie, produkcie lub innym zjawisku. Nazywany jest również kartą zbiorczą danych, kartą analityczną, listą kontrolną, listą zbiorczą, listą usterek. Osoba opracowująca arkusz kontrolny określa rodzaj gromadzonych danych, co umożliwia obserwację procesu i zachodzących w nim zmian. Aby arkusz kontrolny był pomocnym narzędziem zbierania danych, musi być zaprojektowany we właściwy sposób. Tworząc go, trzeba zadać sobie pytanie o jego wykorzystanie, charakter danych, które ma gromadzić. Oprócz danych należy również wskazać osobę, która je zbiera oraz częstotliwość wykonywania pomiarów. Dobrą praktyką jest zamieszczenie na arkuszu kontrolnym krótkiej instrukcji wypełniania arkusza. W odpowiednim miejscu na arkuszu rejestrowany jest rzeczywisty stan konkretnego celu/problemu.

Procedura postępowania podczas stosowania arkusza kontrolnego

1. Zastanów się, jakie dane będą gromadzone.
2. Określ cel gromadzenia danych.

3. Zastanów się, jak dane wpisywać, gromadzić, żeby późniejsza analiza była jak najłatwiejsza.
4. Zaprojektuj nagłówek arkusza kontrolnego. Pamiętaj o:
 - miejscu na wpisanie danych osoby zbierającej informacje,
 - podaniu celu zbierania danych i ich przeznaczenia,
 - umieszczeniu krótkiej instrukcji wypełniania arkusza.
5. Rejestruj wyniki obserwacji, wypełniaj arkusz zgodnie z przeznaczeniem.

Przykład zastosowania arkusza kontrolnego

W przedsiębiorstwie produkcyjnym zauważono nagły wzrost wskaźnika reklamacji. Postanowiono przeanalizować procesy, aby stwierdzić, gdzie może znajdować się źródło problemu. W procesie pakowania wyrobu gotowego w konsekwencji przeprowadzonego audytu wewnętrznego, stwierdzono, że faktycznie nasiliły się problemy, błędy i niezgodności z pakowaniem wyrobu gotowego. Postanowiono dokładniej przeanalizować ten obszar i przez pełne cztery tygodnie (20 dni roboczych) prowadzono obserwację tego procesu. Za obserwację na stanowisku pakowania wyrobu gotowego i udokumentowanie wyników tej obserwacji był odpowiedzialny brygadzista pakowania pan Andrzej Nowak. Dane będą zbierane w okresie od 7 listopada 2022 roku do 2 grudnia 2022 roku. Przygotowano do tego odpowiedni arkusz kontrolny, w którym można zapisywać informacje (zob. tabela 2.12).

Tabela 2.12.
Przykład zastosowania arkusza kontrolnego

Nazwisko osoby sporządzającej arkusz: Andrzej Nowak (brygadzista – pakowanie)						
Lokalizacja: Stanowisko pakowania wyrobu gotowego						
Okres zbierania danych: 07.11.2022–02.12.2022						
ARKUSZ KONTROLNY – problem na stanowisku pakowania wyrobu gotowego						
L.P	DATA	Rodzaj stwierdzonego problemu				
		Brak raportów kontroli końcowej	Brak taśmy wzmacniającej	Brak etykiet	Brak wystarczającej ilości osób do pakowania	Nieczytelna lista kompletyjna
1.	07.11.2022	5	2	3	1	2
2.	08.11.2022	2	2	2	0	2
3.	09.11.2022	5	1	5	0	1
4.	10.11.2022	3	8	1	1	4
5.	11.11.2022	--	--	--	--	--
6.	14.11.2022	8	3	1	0	2

Nazwisko osoby sporządzającej arkusz: Andrzej Nowak (brygadzysta – pakowanie)						
Lokalizacja: Stanowisko pakowania wyrobu gotowego						
Okres zbierania danych: 07.11.2022–02.12.2022						
ARKUSZ KONTROLNY – problem na stanowisku pakowania wyrobu gotowego						
L.P	DATA	Rodzaj stwierdzonego problemu				
		Brak raportów kontroli końcowej	Brak taśmy wzmacniającej	Brak etykiet	Brak wystarczającej ilości osób do pakowania	Nieczytelna lista kompletyjna
7.	15.11.2022	7	2	2	0	3
8.	16.11.2022	3	2	2	0	2
9.	17.11.2022	2	6	5	1	2
10.	18.11.2022	8	8	3	1	2
11.	21.11.2022	7	2	4	0	2
12.	22.11.2022	5	2	4	1	1
13.	23.11.2022	5	6	5	0	3
14.	24.11.2022	3	7	3	0	1
15.	25.11.2022	5	9	1	0	1
16.	28.11.2022	9	3	1	0	1
17.	29.11.2022	3	3	3	0	2
18.	30.11.2022	2	2	2	0	1
19.	01.12.2022	8	6	2	1	2
20.	02.12.2022	1	6	2	1	1
Łącznie		92	80	51	7	35

Źródło: opracowanie własne.

Analizując zapisy w arkuszu kontrolnym, można zauważyć, że są one powtarzalne, co oznacza, że mamy do czynienia z pięcioma błędami, sukcesywnie się powtarzającymi, najczęściej pojawiającym się problemem są braki raportów końcowych. Od tego aspektu należy rozpocząć poszukiwanie przyczyn i uruchomić skuteczne działania doskonalące.

Przy braku taśmy wzmacniającej można zauważyć, że ilość błędów jest większa w drugiej części tygodnia. Należy przeanalizować częstotliwość uzupełniania materiałów na stanowisku, zastanowić się do czego może posłużyć ta informacja. Arkusz kontrolny może być zbudowany w dowolny sposób. Ważne, aby pozwolił na osiągnięcie założonych celów związanych ze zbieraniem danych.

Sprawdź, czy już umiesz

Zadanie 1

W przedsiębiorstwie produkcyjnym postanowiono przeanalizować wszystkie przyczyny reklamacji z drugiego półrocza 2022 roku. Odpowiedzialnym za przeprowadzenie analizy i jej udokumentowanie będzie kierownik działu kontroli jakości. Analizując wszystkie reklamacje, postanowiono najpierw określić przyczyny reklamacji. Celem nadrzędnym analizy jest wskazanie miejsce powstania przyczyny – czy jest to proces obsługi klienta (być może źle przepisano zamówienie na kartę projektu), projektowanie (być może niewłaściwie rozpoznano wymagania klienta w odniesieniu do zaprojektowanych parametrów technicznych wyrobu), produkcja (być może postępowano niezgodnie z instrukcją technologiczną), laboratorium (być może wyniki badań laboratoryjnych są niedokładne bo zastosowano sprzęt kontrolno-pomiarowy bez aktualnego świadectwa legalizacji), pakowanie (być może w karcie kompletacyjnej był błąd), magazynowanie (być może uszkodzono mechanicznie wyrób gotowy), wysyłka (być może nie załączono wymaganych dokumentów potwierdzających jakość wyrobu). Kolejnym etapem analizy jest określenie częstotliwości wystąpienia przyczyn reklamacji w drugim półroczu 2022 roku. Skonstruuj arkusz kontrolny, który okaże się pomocny w tym badaniu. Zaprojektuj go tak, aby możliwe było odczytanie nie tylko miejsca powstawania przyczyny, lecz także częstotliwości jej wystąpienia. Przyjmij, że nie ma wyłącznie jednego miejsca powstawania przyczyny, uwzględnij to podczas projektowania arkusza kontrolnego. Zamieść zaprojektowany arkusz wraz z krótką instrukcją jego wypełnienia.

Zadanie 2

Podaj dwa przykłady prowadzenia badań i obserwacji, w których przydatnym narzędziem będzie arkusz kontrolny. Opisz sytuację i określ, jakie niezbędne informacje powinny się znaleźć w arkuszu. Zdecyduj do czego w dalszym etapie te dane będą wykorzystywane.

2.7. Karta kontrolna

Idea kontroli statystycznej wywodzi się z obserwacji, iż każda z poszczególnych cech wyrobu w danej partii, wykonanej praktycznie w tych samych warunkach, podlega pewnemu rozkładowi statystycznemu, który opisany jest przez

funkcję gęstości prawdopodobieństwa. Rodzaj i przebieg rozkładu opisującego daną cechę może być różny, lecz dla większości procesów przemysłowych stwierdzono, że mamy do czynienia ze zbiorowościami podlegającymi rozkładowi normalnemu, który obrazuje krzywa Gaussa (Jazdon, 2002). Powszechne jest przekonanie, że jakość wyrobu lub usługi musi być wbudowana w procesy projektowania i wytwarzania, a nie uzyskiwana przez tradycyjnie rozumianą kontrolę jakości jako kontrolę końcową. Tak więc w coraz szerszym zakresie stosowane są metody umożliwiające szybkie wykrywanie i zapobieganie błędom i niezgodnościom w trakcie realizacji procesu produkcji wyrobów. Metody te pozwalają na bieżącą korekcję i sterowanie procesami produkcji pod kątem wymaganej jakości.

Kontrola statystyczna może być stosowana we wszystkich sferach przemysłowego procesu realizacji, przyjmując na różnych etapach odmienne formy. Jednak sfera produkcji jest sferą przemysłowego procesu realizacji, w której metody kontroli statystycznej znalazły najszersze zastosowanie (Jazdon 2002). Ich stosowanie w toku produkcji znacznie zwiększa prawdopodobieństwo, że wyroby będą wytwarzane zgodnie z wymaganiami jakościowymi zawartymi w dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej.

Ponadto istnieje możliwość ciągłego dokumentowania procesu, co powoduje jego stałe doskonalenie. Poprawne stosowanie metod statystycznych w procesie produkcji przynosi znaczące efekty. Można do nich zaliczyć:

- a) poprawę jakości wyrobów i procesu,
- b) redukcję ilości braków i konieczności poprawek,
- c) redukcję kosztów kontroli,
- d) dostarczanie operatorom wiedzy na temat procesu i zachodzących zmian,
- e) odróżnianie przyczyny zmienności systematycznych od niesystematycznych.

Z kontrolą statystyczną mamy do czynienia wtedy, gdy kontrolowane są wyroby losowo wybrane z populacji. W zależności od liczebności oraz częstotliwości pobierania próbek, a nade wszystko od sposobu wykorzystania wyników do zwrotnego oddziaływania na proces produkcji, kontrola statystyczna dzieli się na:

1. Statystyczną kontrolę odbiorczą, która jest ukierunkowana na wyrób – na jej podstawie podejmuje się decyzję o tym, czy partia wyrobów z której pobrano próbkę, może być przyjęta czy też odrzucona.
2. Statystyczną kontrolę procesu – czyli formę kontroli ukierunkowaną na proces. Uzyskiwane wyniki są wykorzystywane do bieżącej kontroli procesu i w razie potrzeby do jego korygowania (Haffer, 2003).

Przez pojęcie **statystycznej kontroli procesu (SPC)** rozumiemy zespół metod i technik statystycznych mających na celu usprawnienie przebiegu prac

przez redukcję występujących odchyłeń (Haffer 2003). SPC to bieżąca kontrola procesu służąca do wykrycia ewentualnych rozregulowań w procesie, a tym samym przyczyniająca się do stałej poprawy jakości (Wawak, 2011). Statystyczna kontrola procesu nie jest tym samym, co kontrola wyrobu. Podczas SPC kontrolowane są parametry procesu i tak jest on sterowany, aby wszystkie wyroby spełniały określone wymagania. SPC to metoda odpowiedniego prowadzenia procesów lub badania zdolności maszyn i procesów metodami statystycznymi (Sęp, Perłowski, Pacana 2006).

Na każdy proces oddziałują różne czynniki, które zakłócają jego przebieg. W związku z tym rzeczywiste wartości interesującej nas cechy wyrobu ulegają odchyleniom od wartości pożądanej, a tym samym wpływają na pogorszenie jakości wyrobu. Shewhart podzielił przyczyny zmienności jakości na dwie następujące grupy:

- a) przyczyny specjalne,
- b) przyczyny losowe (systemowe) (Dahlgaard i in., 2000).

Przyczyny systemowe stanowią integralną część procesu. Jest ich zazwyczaj wiele, lecz nie wykazują istotnych zmian w czasie. Czynniki te wywołują odchylenia systemowe (zwykłe), wynikające z istoty samego procesu, stosowanych maszyn, technologii itp. Ich ograniczenie wymaga zmiany procesu (Jazdon, 2002). Przyczyny specjalne są czynnikami, które nie wynikają z istoty procesu, lecz są warunkowane przez czynniki otoczenia. Mogą pojawić się przypadkowo (losowo) w wyniku uszkodzenia narzędzia lub elementów obrabiarki czy też okoliczności, takich jak nadmierny spadek napięcia czy wyłączenie zasilania, względnie mogą stopniowo narastać w czasie, w wyniku np. stopniowego zużycia się narzędzi lub elementów maszyn (Jazdon, 2002).

Do rejestracji i obserwacji zmienności badanej cechy w czasie trwania procesu służą tzw. karty kontrolne. Karty takie zaproponował Walter Andrew Shewart już w 1924 roku.

Karta kontrolna znana również jako karta Shewarta czy karta sterowania jakością jest określana – na podstawie praktycznych doświadczeń – jako najważniejsze narzędzie do operacyjnego sterowania jakością (Iwasiewicz, 2005). Jest to wykres umożliwiający kontrolowanie zmian określonej statystyki procesu. Stosuje się go w badaniach wyrzykowych będących elementem kontroli jakości. Sprawdza się najlepiej w produkcji seryjnej. Poprzez graficzne przedstawienie danych można określić, czy zmiany w procesie dzieją się naturalnie czy też są wywołane czynnikiem specjalnym. Drugi przytoczony przypadek występuje na wykresie jako specyficzny układ punktów. Wykonana karta odzwierciedla występujące w procesie odstępstwa, co do których należy podjąć działania korygujące lub zapobiegawcze (Starzyńska i in., 2010).

Tworzenie karty kontrolnej odbywa się na podstawie regularnie pobieranych próbek, w określonej częstotliwości i liczebności. Dwie ostatnie wielkości powinny być tak dobrane, aby pokazywały wszystkie ważne zmiany w procesie. Dla każdej próbki wyznaczane są wybrane dane statystyczne, takie jak np. mediana czy średnia arytmetyczna konkretnej cechy. Na podstawie wzorów obliczany jest średni rozstęp pobranych danych oraz miejsce przebiegu linii centralnej i kontrolnej. Jeżeli wartości naniesione na wykresie znajdują się w obszarze wyznaczonym przez linie kontrolne lub nie tworzą określonego układu, to znaczy, że na proces nie wpływają żadne negatywne czynniki (Mantura, Hamrol 2005).

Celem stosowania kart kontrolnych Shewharta jest wczesne wykrywanie, a następnie eliminowanie zakłóceń specjalnych wykraczających poza ustalone granice. Przy pomocy tych kart możliwe jest – na podstawie stanu wybranych cech wyrobu śledzenie przebiegu procesu i wczesne wykrywanie jego rozregulowania wyrażającego się nadmiernymi odchyleniami wartości cech. Bieżąca kontrola jakości w toku produkcji polega na pobieraniu określonej liczebności próbek w określonym momencie procesu produkcyjnego. Na podstawie znajomości procesu, wiedzy o nim i zmienności wartości próbek określa się granice kontrolne, które powinny odpowiadać założonym, ustalonym wartościom. Jeżeli na karcie kontrolnej zaobserwujemy trend lub wartość badanej zmiennej przekraczającą linię kontrolną, można uznać, że proces jest rozregulowany. W takiej sytuacji konieczne jest znalezienie przyczyn tego odstępstwa i poszukiwanie działań doskonalących.

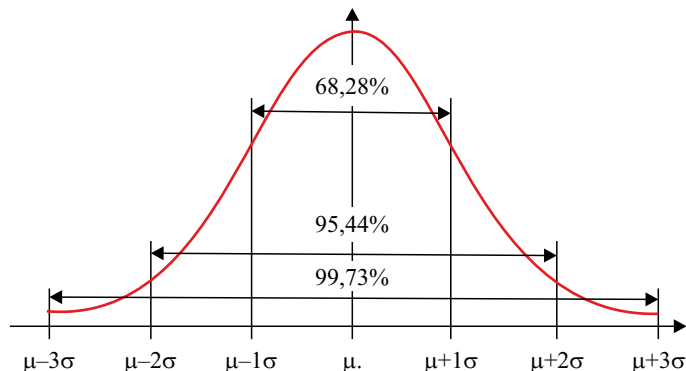
Rejestracja wyników badań odbywa się poprzez nanoszenie na tory kart kontrolnych wartości parametrów statystycznych, obliczonych na podstawie danych z próbek pobieranych w regularnych odstępach czasu z procesu poddawanego kontroli. Odchylenia występują w każdym procesie, w związku z czym niezbędne jest ustalenie dopuszczalnych granic, które nie mogą zostać przekroczone. Na kartach kontrolnych występują następujące rodzaje linii:

- a) linie ostrzegawcze: górne i dolne – ich przekroczenie jest sygnałem informującym o zbliżającym się rozregulowaniu procesu, a w przypadku kolejnego przekroczenia tej samej granicy sygnałem rozregulowania procesu,
- b) linia centralna symbolizująca średnią oczekiwaną wartość parametru – jest bazą do obliczenia linii kontrolnych.

Granice w postaci górnej i dolnej linii kontrolnej nanosi się na karty kontrolne. Jeżeli wartości parametrów statystycznych są zawarte wewnątrz granicznych linii kontrolnych, to uznaje się, że proces produkcyjny jest ustabilizowany i prawidłowy.

Mówiąc o liniach na kartach kontrolnych i zasadach ich wyznaczania, konieczne jest przywołanie założeń koncepcji 6σ (6 odchyłeń standardowych). W rozkładzie normalnym rozrzut $\pm 3\sigma$, czyli 6σ wskazuje zakres wartości, pomiędzy

którymi spodziewamy się napotkać 99,73% wszystkich wyników. Graficznie zaprezentowano to na rysunku 2.12.

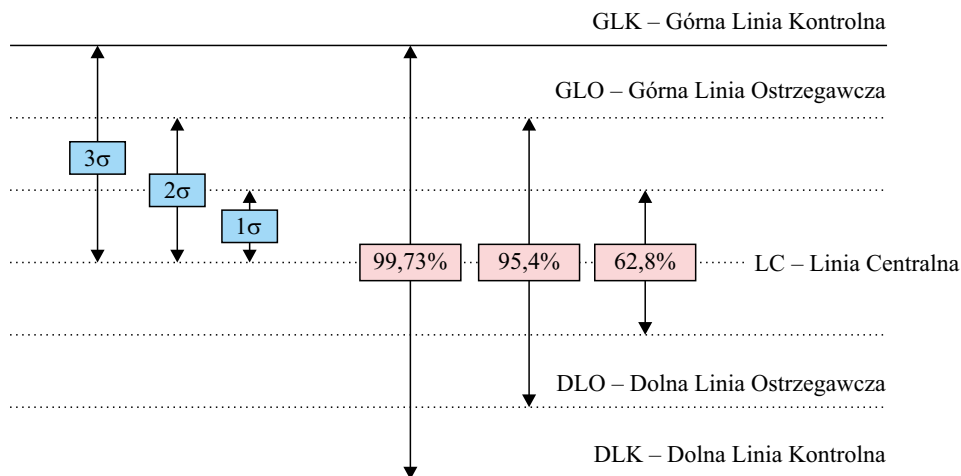


Rysunek 2.12.
Zasada 6 σ dla rozkładu normalnego

Źródło: opracowanie własne.

Zgodnie z tym założeniem obszar pomiędzy granicami kontrolnymi podzielony jest na sześć „pasów”, każdy o szerokości 1σ , co zaprezentowano na rysunku 2.13.

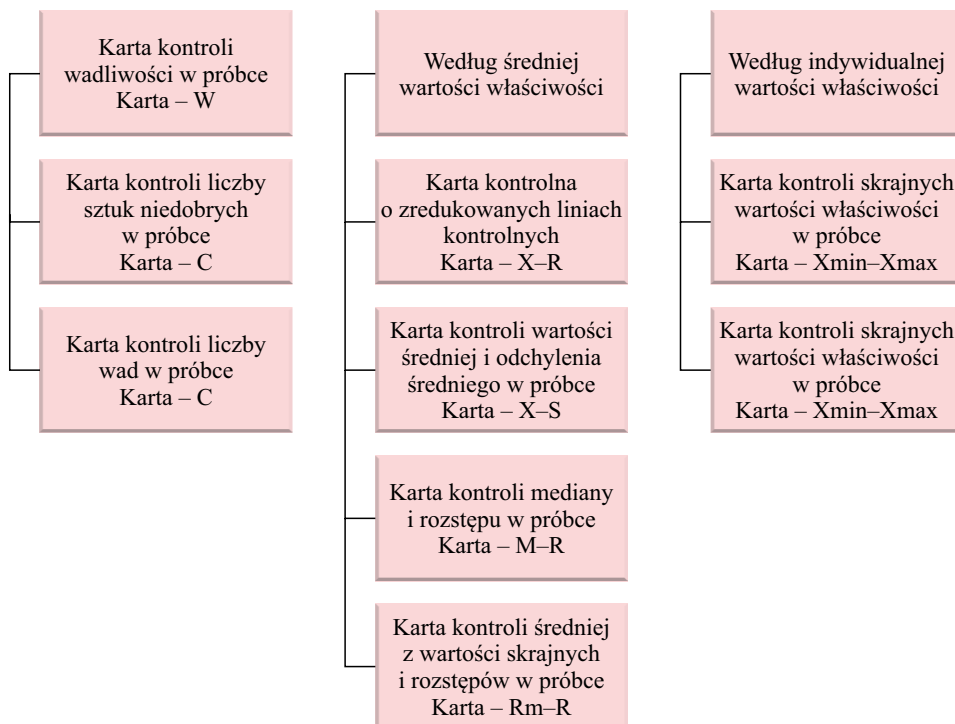
Karty kontrolne można podzielić na karty kontrolne cech ilościowych (statystyczna kontrola procesu według oceny alternatywnej) i karty kontrolne cech



Rysunek 2.13.
Wyznaczanie linii kontrolnych zgodnie z zasadą 6 σ

Źródło: opracowanie własne.

alternatywnych (statystyczna kontrola procesu według oceny alternatywnej). Rodzaje kart kontrolnych zaprezentowano na rysunku 2.14.



Rysunek 2.14.
Rodzaje kart kontrolnych
Źródło: opracowanie własne.

Najczęściej stosowane karty kontrolne⁴ można podzielić na trzy podstawowe rodzaje.

1. Dla cech mierzalnych (liczbowa ocena właściwości):

- a) karty R (średniej i rozstępu),
- b) karty s (średniej i odchylenia standardowego),
- c) karty mediany i rozstępu ($M_c - R$),
- d) karty wartości indywidualnych X.

2. Dla cech ocenianych alternatywnie, do których zaliczają się m.in.:

- a) karty frakcji jednostek niezgodnych (wadliwości) R ,

⁴ Rodzaje kart kontrolnych przedstawiono w normie ISO 7870-2 Control Charts – Part 2: Shewart control Charts.

- b) karty liczby jednostek niezgodnych NP oparte na rozkładzie dwumianowym,
- c) karty C (oparte na rozkładzie Poissona) służące śledzeniu liczby wad (niezgodności),
- d) karty U do monitorowania liczby wad (niezgodności) przypadających na określoną jednostkę (np. m^2 powierzchni, sztukę wyrobu, metr bieżący).

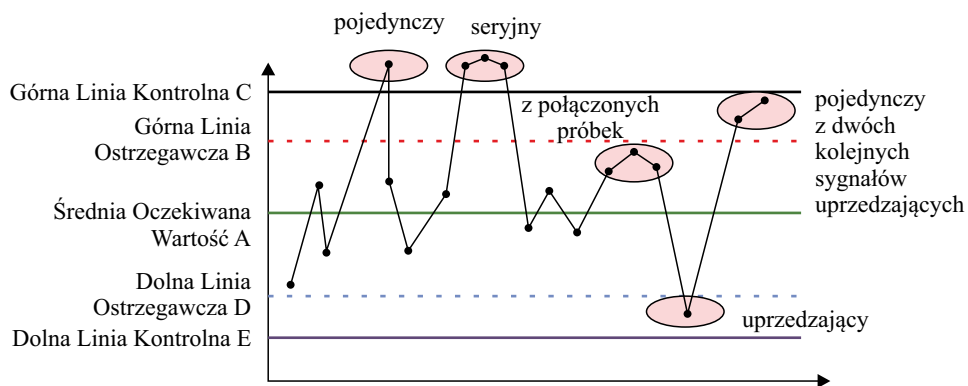
3. Karty sum kumulacyjnych dla cech mierzalnych i niemierzalnych.

Podstawowym warunkiem, który musi być spełniony przy stosowaniu kart kontrolnych, jest rozkład normalny zebranych danych. Przed przystąpieniem do zastosowania wybranej karty kontrolnej konieczne będzie sprawdzenie tego warunku (Greber, 2000).

Ponadto karty kontrolne mogą być:

- a) jednotorowe – stosowane do oceny tylko jednej właściwości lub też grupy właściwości przy pomocy jednego parametru statystycznego,
- b) dwutorowe – stosowane do oceny jednej właściwości przez dwa parametry statystyczne lub dwóch właściwości określonych jednym parametrem każda,
- c) wielotorowe – zawierające więcej niż dwa tory przeznaczone do kontrolowania więcej niż dwóch parametrów dla różnych właściwości wyrobu.

Bez względu na rodzaj zastosowanej karty kontrolnej najważniejszą sprawą jest świadome i umiejętne odczytywanie sygnałów na torze karty kontrolnej. Przykłady takich sygnałów zaprezentowano na rysunku 2.15.



Rysunek 2.15.

Przykłady sygnałów na torze karty kontrolnej

Źródło: opracowanie własne.

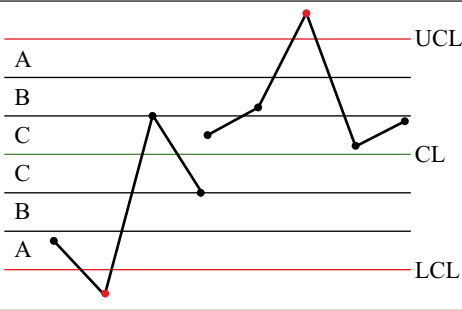
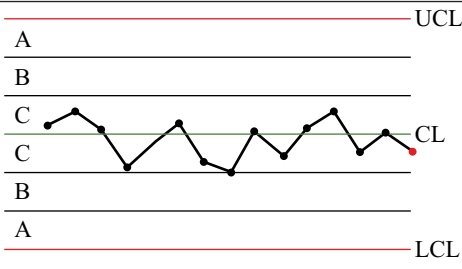
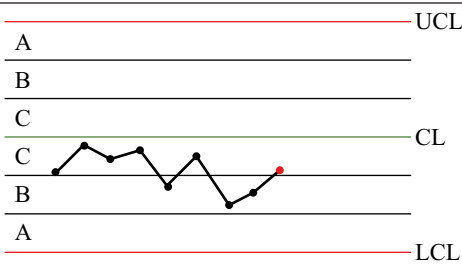
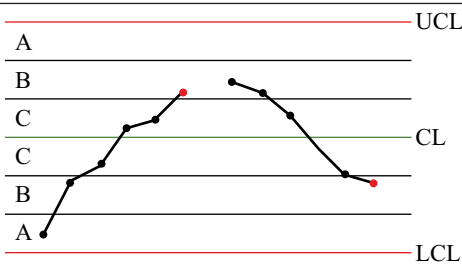
Dostatecznie pewnym dowodem rozregulowania procesu są rozmieszczenia punktów wartości parametrów statystycznych na torze karty kontrolnej w stosunku do linii kontrolnej tzw. sygnał statystycznej kontroli jakości. Występują następujące rodzaje sygnałów:

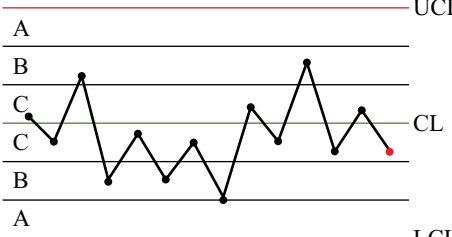
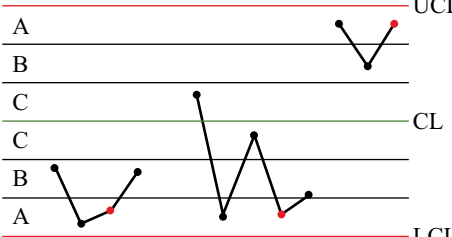
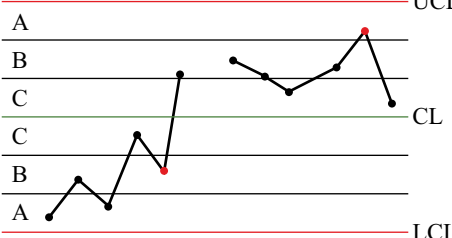
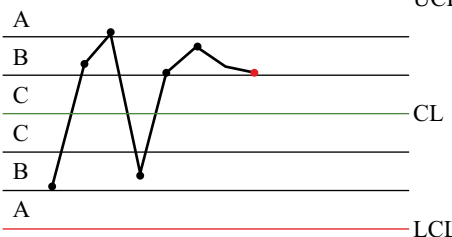
- a) pojedynczy – gdy występuje jeden punkt poza którąkolwiek linią kontrolną na jednym z torów karty,
- b) seryjny – gdy występują dwa lub więcej kolejnych punktów poza tą samą linią kontrolną,
- c) sygnał z połączonych próbek – wystąpienie jednego punktu poza jedną z linii kontrolnych obliczonych dla próbki składającej się z wielu kolejnych próbek pobranych do kontroli,
- d) sygnał uprzedzający – wystąpienie jednego punktu w obszarze pomiędzy linią kontrolną a linią ostrzegawczą,
- e) pojedynczy z dwóch kolejnych sygnałów uprzedzających.

Najczęściej wykorzystywaną kartą jest karta kontrolna cech ocenianych liczbowo, jest to karta kontroli wartości średniej i rozstępu nazywana kartą –R. Karta ta jest arkuszem zawierającym dwa układy współrzędnych. Osie poziome obu układów mają jednakową skalę, oznaczającą kolejny numer pobieranej próbki. Oś pionowa górnego układu zawiera skalę wartości liczbowych, wyrażonych w jednostkach miary, którymi mierzy się wartości średnie obserwacji w próbkach. Zakres skali jest ograniczony do prawdopodobnego przedziału zmienności średnich. Tę samą skalę ma oś pionowa drugiego, niżej położonego układu, lecz zakres skali jest dostosowany do zakresu zmienności rozstępów, początkiem skali jest zero.

W obu układach współrzędnych umieszczone są linie kontrolne, stanowiące istotę karty. Karta służy do wykrywania, jaki udział w zmienności procesu mają pospolite przyczyny zmienne przypadkowo, a jaki udział pojedyncze przyczyny lub zdarzenia specjalne. Karta jest testem istotności różnic między próbkami, które sygnalizują, że proces jest statycznie poza kontrolą. Karta dostarcza sygnały, których obserwacja pozwala wykrywać anomalie i przez ich usuwanie utrzymywać proces w zaprojektowanych granicach statystycznej stabilności. Po wykreśleniu karty R należy sprawdzić, czy położenie punktów odpowiadających danym nie wypada poza granicami kontrolnymi. Na podstawie otrzymanych wyników (kształtu sporządzonych wykresów) należy stwierdzić, czy istnieją podstawy do uznania monitorowanego procesu za rozregulowany. Jeżeli nie – należy uznać, że przebiega on prawidłowo. Na karcie kontrolnej sprawdza się, czy nie występują któreś z ośmiu przebiegów (tabela 2.13) opisanych w Polskiej Normie PN-ISO 8258. Przy stosowaniu takiej procedury dzieli się obszar między granicami kontrolnymi na sześć „pasów”, każdy o szerokości 1σ .

Tabela 2.13.
Przykłady interpretacji wyników zarejestrowanych na kartach kart kontrolnych (PN-ISO 8258)

Przykład	Jak interpretować
 <p>The graph shows a process with control limits A, B, C, C, B, A from top to bottom. The UCL is at level A and the LCL is at level A. A single data point is plotted above the UCL, and another is plotted below the LCL.</p>	<p>Jeden z punktów znajduje się ponad linią UCL lub poniżej linii LCL. Może to być przypadek, ale może to być również wpływ przyczyny, np. zużycie narzędzia</p>
 <p>The graph shows a process with control limits A, B, C, C, B, A from top to bottom. The UCL is at level A and the LCL is at level A. Fifteen data points are plotted, all within the C zone (between the two C lines).</p>	<p>Piętnaście kolejnych wyników w strefie C znajduje się powyżej lub poniżej linii centralnej. Przyczyną tego jest oddziaływanie jakiegoś czynnika, który powoduje, że rozkład średnich nie jest rozkładem normalnym</p>
 <p>The graph shows a process with control limits A, B, C, C, B, A from top to bottom. The UCL is at level A and the LCL is at level A. Nine data points are plotted, all within the C zone or below the CL line.</p>	<p>Dziewięć kolejnych punktów w strefie C lub poza strefą C znajduje się poniżej linii centralnej. Może to wskazywać na systematyczne odchylenie parametrów procesu powyżej lub poniżej wartości przeciętnej</p>
 <p>The graph shows a process with control limits A, B, C, C, B, A from top to bottom. The UCL is at level A and the LCL is at level A. Six data points show a clear upward trend from the bottom of the graph towards the top.</p>	<p>Sześć kolejnych punktów jest ułożonych w trend rosnący lub malejący. Wskazuje to na wpływ przyczyny powodującej kumulujące się pogarszanie parametrów procesu</p>

Przykład	Jak interpretować
	<p>Czternaście punktów następujących kolejno po sobie jest powyżej lub poniżej linii centralnej. Jakaś przyczyna powoduje, że w określonym przedziale czasu parametry procesu są zmienne</p>
	<p>Dwa z trzech kolejnych punktów weszły w strefę A lub wykroczyły poza nią. Parametry procesu znalazły się w strefie ostrzegania. Nie mają możliwości samoregulacji na tyle, by same z tej strefy zdołały wyjść</p>
	<p>Cztery z pięciu kolejnych punktów znajdują się w strefie B lub poza nią. Wskazuje to na trwałe (nie incydentalne) oddziaływanie przyczyny, powodujące jednokierunkowe odchylenie się procesu od wartości przeciętnej</p>
	<p>Osiem kolejnych punktów znajduje się po obu stronach linii centralnej, lecz żaden w strefie C. Wskazuje to na trwałe oddziaływanie przyczyny, która powoduje silne, dwukierunkowe odchylenie się procesu od wartości przeciętnej</p>

Źródło: opracowanie własne.

Karty kontrolne są narzędziem do nadzorowania przebiegu procesu i rozpoznawania trwałych zmian. Z zasady nie odnoszą się wprost do granic tolerancji kontrolowanych cech i dlatego nie umożliwiają określenia stopnia spełnienia przez proces wymagań jakościowych. Miarą potencjalnych lub rzeczywistych zdolności procesu do spełniania tych wymagań są wskaźniki tzw. zdolności ja-

kościowej. Wyznacza się je dla konkretnej cechy wyrobu, wskazują, czy możliwe jest wyprodukowanie wyrobów spełniających wyspecyfikowane wymagania. W praktyce oznacza to, że ze względu na niektóre cechy proces może charakteryzować się wysoką zdolnością do spełnienia wyspecyfikowanych wymagań, a ze względu na inne – niską zdolnością. Dla procesu krytyczna jest cecha, dla której wskaźnik jest najniższy.

Wykorzystuje się wskaźniki: zdolności jakościowej procesu lub maszyny. Oba opisuje się identycznym wzorem matematycznym, różnią się jedynie sposobem uzyskiwania danych pomiarowych, na podstawie których są wyznaczane (Hamrol, Mantura 2005). Wskaźnik zdolności procesu występuje jako: C_p i C_{pk} .

Wskaźnik zdolności jakościowej C_p określa, ile razy przedział naturalnej zmienności danej cechy, wyznaczany wartością $6\sigma(-3\sigma, +3\sigma)$, mieści się w jej polu tolerancji (Hamrol, Mantura 2005):

$$C_p = \frac{(GLT - DLT)}{6\sigma} = \frac{T}{6\sigma}$$

gdzie:

- GLT, DLT – odpowiednio górna i dolna linia tolerancji
- T – pole tolerancji,
- Σ – odchylenie standardowe badanej cechy.

Wskaźnik zdolności jakościowej procesu C_{pk} uwzględnia zarówno naturalną zmienność cechy, jak i położenie jej wartości średniej względem granic tolerancji. Do jego obliczenia wykorzystuje się jeden ze wzorów (Hamrol, Mantura 2005):

$$C_{pk} = \frac{(GLT - \bar{x})}{3\sigma}, \text{ jeżeli } GLT - \bar{x} \leq \bar{x} - DLT$$

$$C_{pk} = \frac{(\bar{x} - DLT)}{3\sigma}, \text{ jeżeli } GLT - \bar{x} > \bar{x} - DLT$$

gdzie:

- GLT, DLT – odpowiednio górna i dolna linia tolerancji,
- σ – odchylenie standardowe badanej cechy,
- \bar{x} – wartość średnia badanej cechy uzyskana podczas próby zgodności.

Z powyższej definicji wynika, że wskaźnik C_p określa możliwości procesu do spełniania wymagań jakościowych. Wskaźnik C_{pk} jest z kolei miarą wy-

centrowania procesu, ponieważ uwzględnia położenie wartości średniej cechy w stosunku do pola tolerancji. $Cpk \neq Cp$ wskazuje, że na proces działa stały czynnik specjalny, który powoduje, że średnia wartość cechy jest różna od wartości nominalnej – środka pola tolerancji (Hamrol, Mantura 2005).

Przykłady oceny procesu na podstawie wskaźników zdolności Cp i Cpk zaprezentowano w tabeli 2.14.

Tabela 2.14.

Przykłady oceny procesu na podstawie wskaźników zdolności Cp i Cpk

Wskaźnik zdolności	Ocena procesu
$Cpk = Cp$	proces ustawiony dokładnie na środku pola tolerancji
$Cpk \neq Cp$	proces niewycentrowany – wymagana korekcja ustawienia
$Cp < 0,67; T < 4\sigma$	proces o niskiej zdolności jakościowej, należy się liczyć z frakcją jednostek niezgodnych $p > 0,046$, konieczne jest „doskonalenie” procesu lub rozszerzenie pola tolerancji
$Cp = 1; T = 6\sigma$	jeśli $Cp = Cpk$, należy liczyć się z frakcją jednostek niezgodnych $p \approx 0,0027$
$Cp = 1,33 \Rightarrow T = 8\sigma$	zdolność procesu jest dobra, a jeśli $Cp = Cpk$, należy liczyć się z frakcją jednostek niezgodnych $p \approx 0,000064$
$Cp > 1,66 \Rightarrow T > 10\sigma$	zdolność procesu bardzo dobra, a jeśli $Cp = Cpk$, frakcja jednostek niezgodnych wyrażana jest w kategoriach PPM (ang. <i>parts per milion</i> – części na milion)

Źródło: Hamrol, Mantura 2005.

Procedura postępowania przy zastosowaniu karty kontrolnej – R:

1. Wybierz charakterystyki podlegające analizie.
2. Sprawdź wskaźnik zdolności jakościowej procesu Cp (powinien być większy od 1,0).
3. Pobieraj z bieżącej produkcji próbki o liczności odpowiadającej metodzie, za pomocą której będzie odbywała się ocena przebieg procesu – działaj w określonych odstępach czasu.
4. Zmierz właściwości w poszczególnych sztukach w próbce, rejestruj wyniki pomiarów lub badań.
5. Oblicz wartości parametrów statystycznych (właściwych do prowadzonej karty kontrolnej),
 - a) oblicz średnią arytmetyczną,
 - b) oblicz wartość średniego rozstępu z próbek,
 - c) oblicz górną granicę kontrolną,
 - d) oblicz dolną granicę kontrolną,

Współczynnik A odczytaj z tablicy (tabela 2.15).

Tabela 2.15.
Wartości stałe do obliczania granic kontrolnych

Liczba próby n	Współczynnik dla granic kontrolnych					
	A	B	C	D	E	F
2	1,880	2,659	0,0	3,267	0,0	3,267
3	1,023	1,954	0,0	2,568	0,0	2,574
4	0,729	1,628	0,0	2,265	0,0	2,282
5	0,577	1,427	0,0	2,089	0,0	2,114
6	0,483	1,287	0,030	1,970	0,0	2,004
7	0,419	1,182	0,118	1,882	0,076	1,924
8	0,373	1,099	0,185	1,815	0,136	1,864
9	0,337	1,035	0,239	1,761	0,184	1,816
10	0,308	0,975	0,284	1,715	0,223	1,777

Źródło: PN-ISO 8258 + AC1; karty kontrolne Shewharta, 1996.

e) oblicz linię centralną

6. Nanieś otrzymane dane na tor karty kontrolnej.

7. Wyciągnij wnioski, czyli:

- uznaj, że proces przebiega prawidłowo, jeżeli wartości otrzymanych parametrów statystycznych mieszczą się w ustalonych dla nich granicach,
- uznaj, że procesowi grozi rozregulowanie, jeżeli wartość któregośkolwiek parametru przekracza linię ostrzegawczą,
- uznaj, że proces został rozregulowany, jeżeli wartość któregośkolwiek z parametrów przekracza linię kontrolną lub wartości dwóch kolejnych próbek przekraczają linię ostrzegawczą.

8. Po każdym pozytywnym wyniku badania próbki przeprowadź (zgodnie z instrukcją ogólną dla prowadzonego rodzaju karty kontrolnej) analizę jakości z ostatnich 15÷25 próbek ze względu na zdatność jakościową procesu. Możesz zaobserwować następujące zjawiska: trend, run lub zjawisko środkowej jednej trzeciej.

Trend – występuje wtedy, gdy siedem kolejnych wartości parametru statystycznego na karcie kontrolnej wykazuje nieprzerwaną tendencję ponad górną lub ponad dolną linię kontrolną (np. systematyczne zużycie się narzędzia, zmienną reakcję procesu na obrabiany surowiec). Należy pamiętać, że trend nie jest incydentalny.

Run – gdy siedem kolejnych wartości parametru statystycznego leży nieprzerwanie po tej samej stronie linii centralnej. Zjawisko należy interpretować jako informację o stałym przesunięciu się wartości średniej.

Zjawisko środkowej jednej trzeciej – pojawia się, gdy mniej niż 40% lub więcej niż 90% wartości parametru statystycznego z ostatnich kolejnych 25 próbek mieści się w środkowej jednej trzeciej przedziału kontrolnego. W pierwszym przypadku rozkład parametru charakteryzuje duży rozrzut, a więc zdolność jakościowa procesu została zachwiana, w drugim natomiast proces jest zbyt dokładny, a więc nieekonomiczny.

Przykład zastosowania karty kontrolnej

Postanowiono skontrolować proces produkcji porcelany dekorowanej, uwagę skupiono na jednym elemencie asortymentu – talerzu płaskim. Sprawdzono średnicę zadruku, zgodnie ze specyfikacją powinna ona wynosić 16 cm. Jest to parametr krytyczny decydujący o zgodności wyrobu z wymaganiami. Skontrolowano 20 próbek, pobierano je do badania co godzinę. W każdej próbce zwerfikowano pięć sztuk zadrukowanych talerzy. Dokonano niezbędnych obliczeń. Wyniki kontroli oraz niezbędne obliczenia do wyznaczenia karty kontrolnej – R, zapisano w tabeli 2.16.

Tabela 2.16.

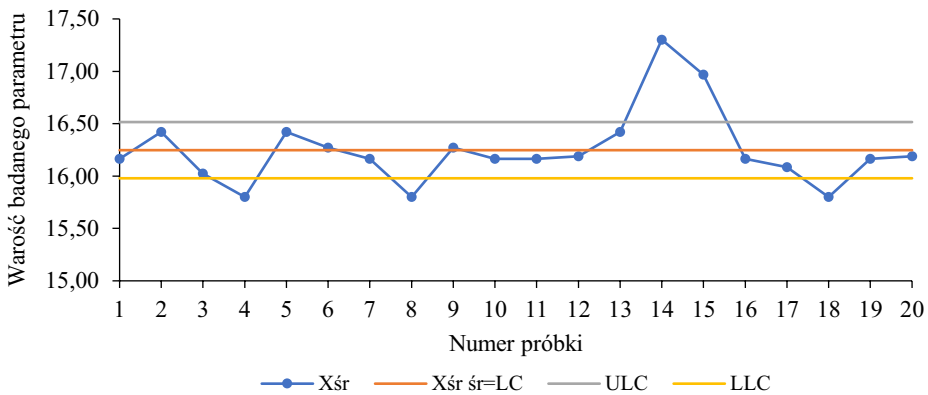
Wyniki kontroli w procesie produkcji – obliczenia i dane wejściowe do wyznaczenia toru karty kontrolnej

n	Wartość kontrolowanej cechy w analizowanych próbkach [cm]						LC	R	Rśr	A2	UCL	LCL
	1	2	3	4	5							
1	16,00	16,20	16,40	16,00	16,22	16,16	16,25	0,40	0,47	0,58	16,52	15,98
2	16,40	16,60	16,50	16,17	16,44	16,42	16,25	0,43	0,47	0,58	16,52	15,98
3	15,96	15,86	16,20	16,10	16,00	16,02	16,25	0,34	0,47	0,58	16,52	15,98
4	15,80	15,89	15,77	15,54	16,00	15,80	16,25	0,46	0,47	0,58	16,52	15,98
5	16,40	16,60	16,50	16,17	16,44	16,42	16,25	0,43	0,47	0,58	16,52	15,98
6	16,12	16,44	16,23	16,23	16,33	16,27	16,25	0,32	0,47	0,58	16,52	15,98
7	16,00	16,20	16,40	16,00	16,22	16,16	16,25	0,40	0,47	0,58	16,52	15,98
8	15,80	15,89	15,77	15,54	16,00	15,80	16,25	0,46	0,47	0,58	16,52	15,98
9	16,12	16,44	16,23	16,23	16,33	16,27	16,25	0,32	0,47	0,58	16,52	15,98
10	16,00	16,20	16,40	16,00	16,22	16,16	16,25	0,40	0,47	0,58	16,52	15,98
11	16,00	16,20	16,40	16,00	16,22	16,16	16,25	0,40	0,47	0,58	16,52	15,98
12	16,23	16,44	16,16	16,11	16,00	16,19	16,25	0,44	0,47	0,58	16,52	15,98

n	Wartość kontrolowanej cechy w analizowanych próbkach [cm]						LC	R	Rśr	A2	UCL	LCL
	1	2	3	4	5							
13	16,40	16,60	16,50	16,17	16,44	16,42	16,25	0,43	0,47	0,58	16,52	15,98
14	17,10	17,23	17,78	17,23	17,17	17,30	16,25	0,68	0,47	0,58	16,52	15,98
15	16,88	16,76	16,88	17,10	17,22	16,97	16,25	0,46	0,47	0,58	16,52	15,98
16	16,00	16,20	16,40	16,00	16,22	16,16	16,25	0,40	0,47	0,58	16,52	15,98
17	16,00	16,12	16,55	16,44	15,32	16,09	16,25	1,23	0,47	0,58	16,52	15,98
18	15,80	15,89	15,77	15,54	16,00	15,80	16,25	0,46	0,47	0,58	16,52	15,98
19	16,00	16,20	16,40	16,00	16,22	16,16	16,25	0,40	0,47	0,58	16,52	15,98
20	16,23	16,44	16,16	16,11	16,00	16,19	16,25	0,44	0,47	0,58	16,52	15,98

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie dokonanych obliczeń zaznaczono górną i dolną granicę kontrolną, linię centralną oraz naniesiono wyniki badań, wyznaczając tor linii kontrolnej. Wyniki przedstawiono na rysunku 2.16.



Rysunek 2.16.

Przykład zastosowania karty kontrolnej

Źródło: opracowanie własne.

Analizując zaprezentowaną kartę kontrolną, można zauważyć, że w próbkach 4, 8 i 18 wyniki znajdują się poniżej dolnej linii kontrolnej, z kolei w badaniach 14 i 15 wyraźnie przekracza górną linię kontrolną. Należy pamiętać, że nie jest to jednoznaczne z wystąpieniem niezgodności w procesach. W takiej sytuacji należy dokładniej przyjrzeć się procesowi, zwiększyć częstotliwość kontroli, a w przypadku powtarzania się odchyień i trendu w tym zakresie, doprowadzić do analizy przyczyn i wdrożenia działań doskonalących.

Sprawdź, czy już umiesz

Zadanie 1

W przedsiębiorstwie produkującym kieliszki ze szkła kryształowego przeprowadzono badanie średnicy kieliszków z serii k30. Ponieważ jest to seria artystyczna, średnica kieliszka powinna wynosić od 123 do 133 mm. Skontrolowano 20 próbek, pobierano je co 30 minut. W każdej próbce skontrolowano pięć sztuk kieliszków. Wyniki pomiarów zaprezentowano w tabeli 2.17.

Tabela 2.17.
Wyniki pomiaru średnicy kieliszków kryształowych

n	Wartość kontrolowanej cechy w poszczególnych sztukach próbki				
	1	2	3	4	5
1	123,00	122,00	124,00	129,00	121,00
2	123,00	122,00	126,00	128,00	123,00
3	123,00	122,00	124,00	129,00	121,00
4	122,00	126,00	127,00	124,00	122,00
5	123,00	122,00	122,00	128,00	123,00
6	126,00	127,00	130,00	122,00	121,00
7	123,00	122,00	124,00	129,00	121,00
8	124,00	125,00	126,00	127,00	130,00
9	123,00	122,00	126,00	121,00	123,00
10	127,00	127,00	129,00	122,00	122,00
11	123,00	122,00	124,00	129,00	121,00
12	144,00	148,00	151,00	154,00	146,00
13	141,00	143,00	147,00	150,00	151,00
14	141,00	143,00	147,00	150,00	151,00
15	142,00	146,00	148,00	151,00	150,00
16	144,00	148,00	151,00	154,00	146,00
17	141,00	150,00	147,00	143,00	151,00
18	141,00	150,00	147,00	143,00	151,00
19	142,00	151,00	148,00	146,00	150,00
20	123,00	122,00	124,00	129,00	121,00

Źródło: opracowanie własne.

Zadanie 2

Wybierz ulubione przejście dla pieszych, najlepiej w często uczęszczanym miejscu, które możesz swobodnie obserwować (np. z okna). Przejdź przez przejście

dla pieszych normalnym tempem i zmierz stoperem czas. Zrób to kilka razy. Na tej podstawie ustal faktyczny czas pokonania przejścia.

Dokonaj obserwacji i zanotuj wyniki pomiarów. Co kwadrans zmierz czas pokonania trasy przez sześć osób. Wykonaj 20 takich pomiarów.

Dokonaj niezbędnych obliczeń i wyznacz tor karty kontrolnej – R.

Wyciągnij wnioski. Czy Twoim zdaniem dobrze ustawiono czas zielonego światła na przejściu dla pieszych? Czy udało Ci się zaobserwować coś ciekawego, specyficznego? Opisz proces badań i zinterpretuj wyniki.

3. Siedem nowych narzędzi zarządzania jakością

3.1. Diagram relacji

Diagram relacji służy do graficznej prezentacji związków przyczynowo-skutkowych, które zachodzą między różnymi problemami czy analizowanymi zdarzeniami. Narzędzie to nazywane jest również diagramem zależności lub współzależności przyczyn. Głównym celem diagramu jest pomoc w identyfikacji relacji, które nie są łatwe do rozpoznania, co wymaga wysiłku zespołowego. Diagram relacji obrazuje logiczne zależności pomiędzy problemami i pomysłami, a nie tylko zachodzące między nimi związki. To graficzny zbiór czynników, który ma wpływ na wynik procesu. Nie grupuje czynników w kategorie (tak jak np. w diagram Ishikawy), ale ilustruje powiązania między poszczególnymi przyczynami. Pozwala to na analizowanie zarówno przyczyn, jak i ich skutków, a co najważniejsze zależności między nimi. Uzupełnieniem diagramu jest tabela, która pozwala określić siłę relacji między poszczególnymi przyczynami.

Sporządzenie diagramu relacji rozpoczyna się od określenia problemu – głównego węzła. Problem trzeba zapisać w centrum. Następnie tworzy się pozostałe węzły, czyli czynniki mające wpływ na wynik procesu oraz ustala się powiązania między nimi. Narzędzie powinno być stosowane w ramach pracy zespołowej, więc kolejnym krokiem jest burza mózgów. Zespół kreuje pomysły. W przypadku każdego pomysłu należy cały czas analizować nie tylko, jaki jest wpływ przyczyny na badany problem, lecz także, jakie są zależności między poszczególnymi przyczynami. Jeśli relacja między przyczynami istnieje, należy oznaczyć ją za pomocą strzałek. Jeśli nie ma zależności między przyczynami, wówczas na diagramie nie będzie można zaobserwować połączenia przy pomocy strzałki. Analizując sporządzony diagram, należy (Tague, 2004):

- a) policzyć strzałki wejścia i wyjścia dla każdej przyczyny i relacji,
- b) uznać przyczyny z największą liczbą strzałek jako kluczowe pomysły,
- c) uznać, że główną przyczyną jest ta z największą ilością strzałek wychodzących, które oznaczają wywieranie wpływu na inne przyczyny.

Ostatni etap pozwala zidentyfikować główne czynniki – są to elementy, które tworzą największą sieć powiązań, stanowią punkt wyjścia do kolejnych analiz.

Aby łatwiej było analizować zależności między poszczególnymi przyczynami, należy opracować tabelę, która pomoże uporządkować analizę.

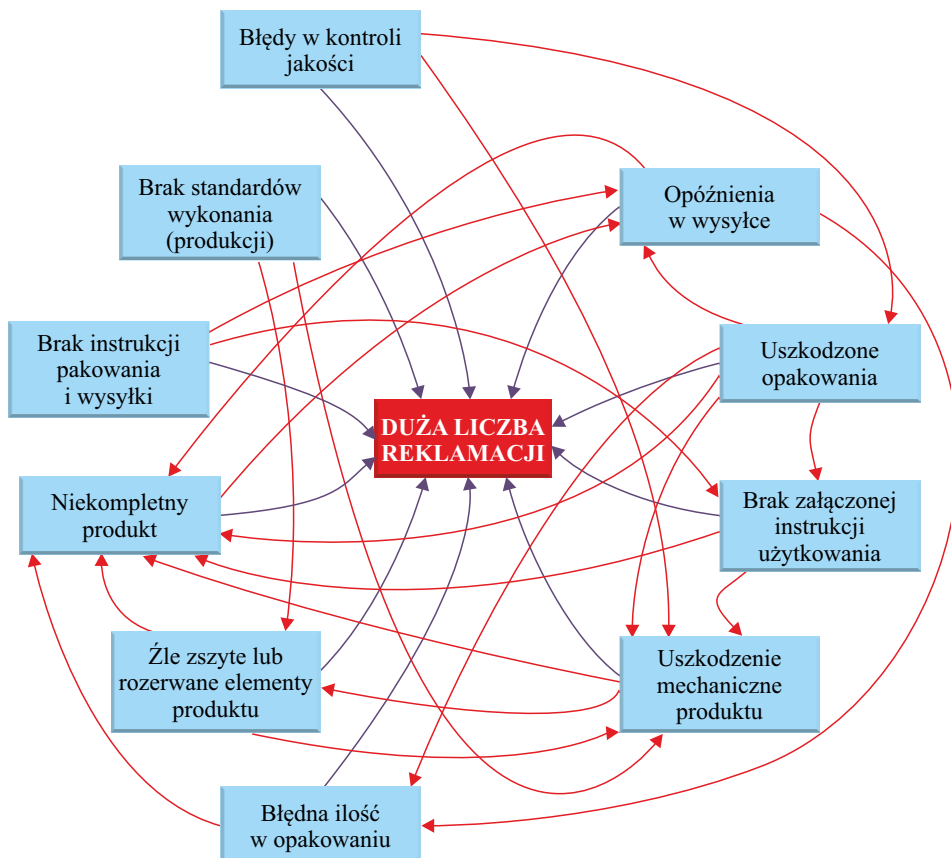
Procedura postępowania podczas stosowania diagramu relacji

1. Określ problem i zbiierz grupę roboczą.
Liczba członków zespołu roboczego powinna wynosić od czterech do sześciu osób, a każda z nich powinna specjalizować się w innej dziedzinie. Ważne jest, aby mieć pewność, że zespół roboczy rozumie określony problem, tak jak powinien. Poza tym musi znać zasady diagramu relacji.
2. Rozpocznij analizę problemu.
Wskaż wszystkie kwestie, które wiążą się badanym problemem (np. przyczyny). Możliwym jest skorzystanie z zagadnień, które zostały wyznaczone wcześniej poprzez diagram pokrewieństwa czy też burzę mózgów, chyba że grupa podejmie decyzję o ich określeniu od nowa.
3. Rozpisz problemy na kartkach.
Uwzględnij możliwie wszystkie kwestie, a następnie ułóż je w kształt okręgu. Następnie rozpocznij poszukiwania związków zagadnień. Przy użyciu strzałek łącz przyczyny z wywołanym przez nie skutkiem. Podobnie wskazuj relacje pomiędzy przyczynami. Co ważne, zadбай o to, aby strzałki wyznaczały porządek zgodnie, z którym następowały kolejne działania, powiązania pomiędzy przyczyną a skutkiem.
4. Przeprowadź analizę ilościową.
Podejmij działania mające na celu dokonanie ilościowej analizy zjawisk, które przedstawiono w sposób graficzny. Opracuj tabelę uzupełniającą diagram, każdemu ze wskazanych powiązań przydziel odpowiednią ilość punktów (proporcjonalną do siły ich oddziaływania). Analizie poddaj wszystkie z wymienionych powiązań. Decyzje podejmuj na podstawie wniosków z przebiegu strzałek wskazanych na diagramie. Wyniki zamieść w tabeli.
5. Posegreguj i uporządkuj zidentyfikowane przyczyn i relacje między nimi.
Dokonaj segregacji analizowanych czynników. Klasyfikacji należy dokonać, biorąc pod uwagę liczbę zdobytych punktów. Informacja, że dany czynnik uzyskał dużą liczbę punktów, daje możliwość stwierdzenia, że właśnie tym czynnikiem jako pierwszym, powinno się zająć, po to, aby pozbyć się wszelkich niezgodności.

Przykład zastosowania diagramu relacji

W przedsiębiorstwie produkującym odzież ochronną oraz środki ochrony indywidualnej zauważono nagły wzrost liczby reklamacji wpływających od

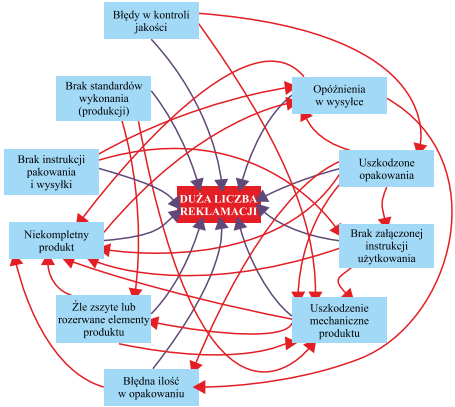
klentów. Postanowiono przeanalizować problem. Celem analizy jest nie tylko poszukiwanie przyczyn reklamacji, lecz także przeanalizowanie zależności i relacji pomiędzy poszczególnymi przyczynami. Wyniki analizy przedstawiono na diagramie relacji (zob. rysunek 3.1).



Rysunek 3.1.
Diagram relacji – przykład zastosowania
Źródło: opracowanie własne.

Aby ocenić siłę relacji między poszczególnymi przyczynami i przeprowadzić analizę ilościową, postanowiono opracować tabelę pomocniczą, w której przedstawiono zależność i wpływ pomiędzy poszczególnymi przyczynami. Cyframi: trzy – oznaczono silną relację, dwa – relację średnią, jeden – słabą relację. Znakiem „x” wykluczono możliwość występowania relacji, a miejsca, w których nie wpisano nic, oznaczają że żadna relacja nie występuje. Wyniki przedstawiono w tabeli 3.1.

Tabela 3.1.
Analiza ilościowa do diagramu relacji

 <p>PRZYCZYNY</p>	Opóźnienia w wysyłce	Uszkodzone opakowania	Brak załączonej instrukcji użytkownika	Uszkodzenie mechaniczne produktu	Błędna ilość w opakowaniu	Źle zszyte lub rozerwane elementy produktu	Niekompletny produkt	Brak instrukcji pakowania i wysyłki	Błędy w kontroli jakości	Brak standardów wykonania (produkcji)	SIŁA RELACJI
Opóźnienia w wysyłce	X				2		3				5
Uszkodzone opakowania	3	X	2	2			1				8
Brak załączonej instrukcji użytkownika			X	3			2				5
Uszkodzenie mechaniczne produktu				X		3	2				5
Błędna ilość w opakowaniu		1			X		3				4
Źle zszyte lub rozerwane elementy produktu				2		X	3				5
Niekompletny produkt	3						X	0			3
Brak instrukcji pakowania i wysyłki	3		2		1			X			6
Błędy w kontroli jakości		2		2					X		4
Brak standardów wykonania (produkcji)				2		3				X	5

Źródło: opracowanie własne.

Z przeprowadzonej analizy ilościowej można wywnioskować, że największą wartość ma uszkodzenie opakowania, które wywołuje relacje z czterema innymi przyczynami określonymi na diagramie w konsekwencji burzy mózgów. Są nimi: uszkodzenie opakowania, brak załączonej instrukcji użytkowania, uszkodzenie mechaniczne produktu i niekompletny produkt. To na tych przyczynach i relacjach między nimi należy skupić uwagę i właśnie w tym obszarze planować dalsze analizy i prowadzić działania doskonalące. To narzędzie pozwala w prosty sposób przedstawić związki przyczynowo-skutkowe wielu zdarzeń. Jest łatwe w użyciu i nie wymaga szczegółowego szkolenia pracowników oraz nakładów finansowych na wdrożenie do codziennego użytku.

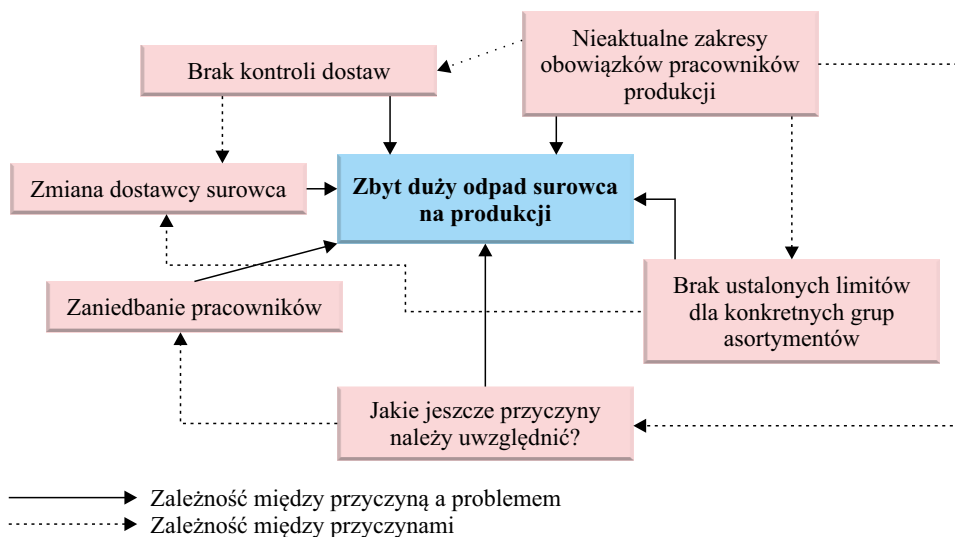
Sprawdź, czy już umiesz

Zadanie 1

W przedsiębiorstwie produkcyjnym zauważono zwiększony problem niezgodnych dostaw surowca. W ciągu dwóch tygodni znacznie więcej dostaw zostało zatrzymanych do wyjaśnienia, surowiec nie został przyjęty. Stwarza to ryzyko zachwiania ciągłości produkcji. Przeanalizuj problem z wykorzystaniem diagramu relacji. Narysuj diagram, wskaż przyczyny problemu, a następnie zaprezentuj relacje między przyczynami. Przedstaw zależności na diagramie, a następnie przeprowadź analizę ilościową. Wyniki analizy zestaw w tabeli. Wyciągnij wnioski i zaproponuj działania doskonalące.

Zadanie 2

W przedsiębiorstwie produkującym meble ze stali nierdzewnej zauważono zbyt dużą ilość odpadu surowca. Postanowiono przeanalizować problem z wykorzystaniem diagramu relacji. Wskazano główne przyczyny i zależności między nimi. Wstępną analizę przeprowadzono na rysunku 3.2.



Rysunek 3.2.
 Analiza z wykorzystaniem diagramu relacji
 Źródło: opracowanie własne.

Dokończ analizę. Wskaż inne przyczyny, które Twoim zdaniem wpływają na badany problem. Przeprowadź analizę ilościową. Wyniki zestaw w tabeli. Wyciągnij wnioski i zaproponuj działania doskonalące.

3.2. Diagram pokrewieństwa

Diagram pokrewieństwa to metoda szybkiego porządkowania danych. Nierzadziej znane jest również jako KJ Method. Jego twórcą jest japoński etnograf Jiro Kawakita (Plain, 2007). Nazywa się je również wykresem pokrewieństwa lub analizą tematyczną. To prosty i łatwy sposób rozwiązania najważniejszych problemów, poszukiwania odpowiedzi na nurtujące pytania i analizowanie przeróżnych zjawisk zachodzących w organizacji.

Stosowany do porządkowania rozproszonych informacji, opinii, danych czy faktów zebranych w wyniku np. burzy mózgów. Porządkowanie polega na tworzeniu nie więcej niż dziewięciu kategorii pojęć i przyporządkowywaniu zebranych danych. Diagram ten nie polega na logice instrukcji, lecz na intuicji członków zespołu roboczego (Mazur, Gołaś 2010). Dzięki tej metodzie znajdziemy podobne pomysły i odpowiednie kategorie.

Dodatkowo warto zwrócić uwagę na szereg korzyści płynących z korzystania z tego narzędzia, do których należą:

- a) duży obszar zastosowania,
- b) niewielkie koszty analiz,
- c) brak konieczności szkolenia pracowników,
- d) wykorzystanie kreatywności pracowników,
- e) możliwość wyrażenia opinii przez wszystkich uczestników,
- f) akceptacja proponowanych rozwiązań, praca ze schematem pokrewieństwa przewiduje udział pracowników związanych z omawianym problemem,
- g) wizualizacja, proponowane rozwiązania problemu są zapisywane na kartach i widoczne dla wszystkich uczestników procesu,
- h) schemat sporządzony jest w wersji graficznej, można go zapisać i w razie potrzeby powrócić do niego w dowolnym momencie.

Realizując metodę pokrewieństwa, warto pamiętać o spełnieniu warunku swobody zgłaszania pomysłów, braku krytyki i oceniania na etapie układania kart z pomysłami na stole (lub tablicy). Wynika to z celu tego narzędzia, mianowicie z rozbudzenia kreatywności i innowacyjności członków zespołu.

Procedura postępowania podczas opracowywania diagramu pokrewieństwa

1. Zdefiniuj problem, który będzie rozwiązywany. Może to być pytanie lub wyzwanie. Ważne, aby uwzględnić jeden temat, ponieważ więcej byłoby zbyt wyczerpujące, poza tym istnieje ryzyko rozproszenia uwagi.
2. Przykłady pytań:
 - a) Jakie cechy powinny mieć nasze produkty lub usługi?
 - b) Jakie są największe problemy w procesie produkcyjnym?
 - c) Jakie są cechy naszego rynku docelowego?
3. Zorganizuj zespół. Metoda sprawdza się najlepiej, gdy osoby w grupie pochodzą ze zróżnicowanych obszarów przedsiębiorstwa i mogą wyrażać opinie na dany temat. Dobrą praktyką jest powoływanie do zespołu przedstawicieli różnych procesów, działów w organizacji.
4. Zapisz pomysły na karteczkach. To etap generowania idei, burzy mózgów. Każdy członek zapisuje własne refleksje. Następnie notatki są umieszczane na ścianie, tablicy, stole – w dowolnym miejscu, gdzie możliwa będzie analiza całości.
5. Szukaj pokrewieństwa i pogrupuj podobne zagadnienia. Na tym etapie każdy uczestnik uważnie czyta pomysły, najpierw indywidualnie, po-

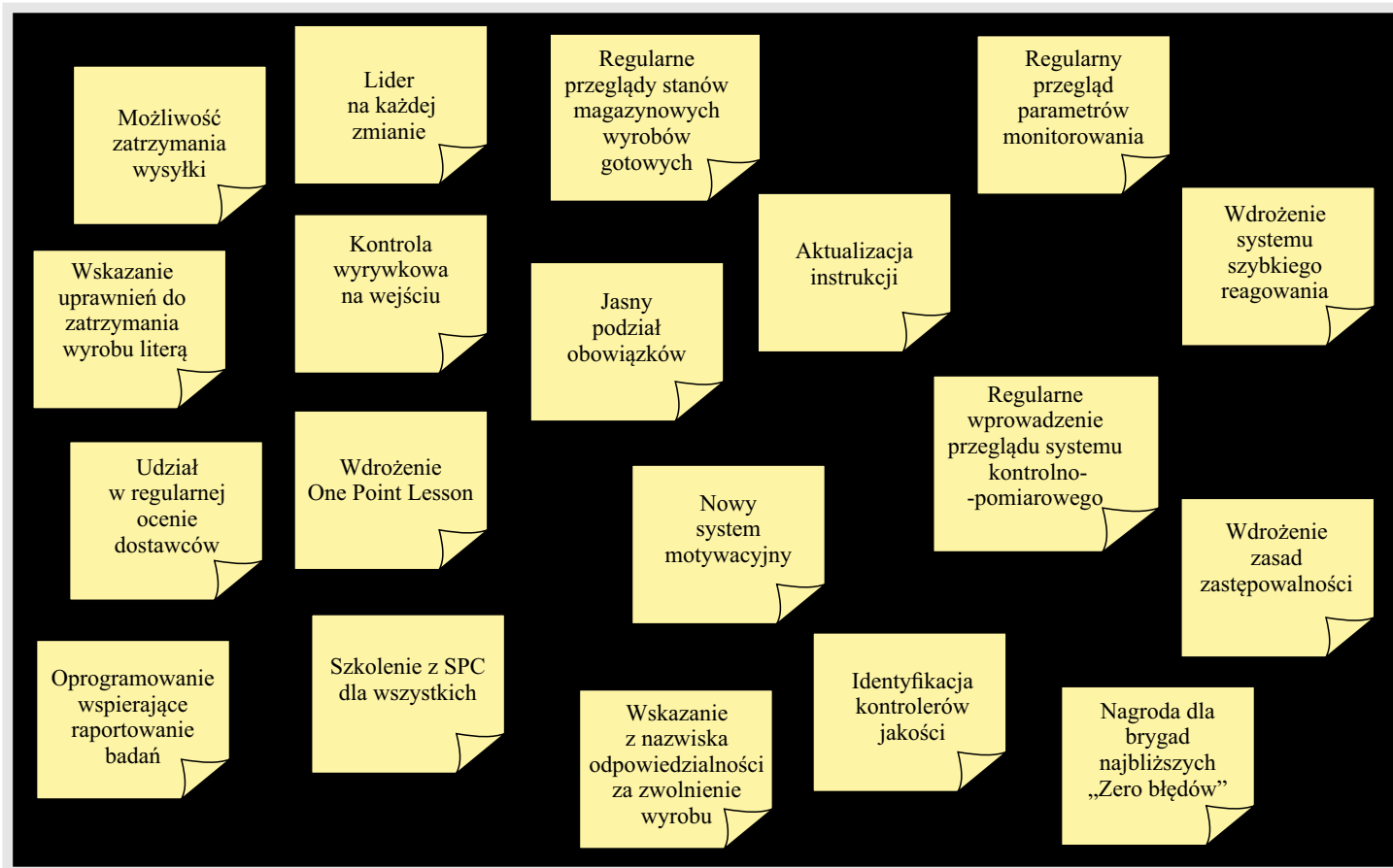
szukując podobieństw, części wspólnych, pokrewnych. Następnie notatki są grupowane. Ten etap zostaje zakończony, gdy wszystkie elementy będą uporządkowane.

6. Nazwij grupy w których ulokowałeś zagadnienia. Na tym etapie członkowie zespołu proszeni są o przypisanie nazwy lub tytułu dla każdej z nich. Powinna być krótka, na przykład: „utrzymanie ruchu – problemy” lub „cechy osobowości”.
7. Wybierz najważniejszą grupę w drodze głosowania. Kiedy wszystkie grupy mają już swoje nazwy, uczestnicy zyskają czas na głosowanie na zestaw (grupę), który uważają za najważniejszy. Istnieje wiele sposobów działania: podanie tylko jednej opcji lub umożliwienie wyboru trzech najważniejszych. Każdy członek głosuje indywidualnie. Następnie liczone są głosy i otrzymujemy ranking grup. Na górze diagramu pokrewieństwa znajdują się najważniejsze odpowiedzi na zadane pytanie. Jeśli są remisy, powinna nastąpić dyskusja. Warto pamiętać, iż w diagramie pokrewieństwa najważniejsza grupa zidentyfikowanych pokrewieństw to niekoniecznie ta, która ma największy wpływ na ilość popełnianych błędów, czy ta, która będzie stanowiła najważniejsze przyczyny występujących zdarzeń. Aby można było potwierdzić wyniki, konieczne należy zastosować inne narzędzia, jak np. diagram Pareto-Lorenza, czy diagram relacji.

Przykład zastosowania diagramu pokrewieństwa

W przedsiębiorstwie zajmującym się produkcją ściennych grzejników elektrycznych podjęto decyzję o doskonaleniu procesu kontroli jakości. Organizacja świadoma tego, że gwarancją budowania przewagi konkurencyjnej na rynku jest powtarzalność jakości oferowanych wyrobów, stosuje różne metody monitorowania procesu produkcji, kontrolę statystyczną i końcową. Przedsiębiorstwo posiada również swoje laboratorium, w którym przeprowadzane są próby szczelności, zgodności instalacji elektrycznej i trwałości powłoki.

Powołano zespół, który zajmie się doskonaleniem procesu kontroli jakości w organizacji. W skład zespołu wchodzi: kierownik działu kontroli jakości, pracownik stanowiska kontroli, pracownik laboratorium, kierownik produkcji, brygadzysta, trzech pracowników działu produkcji (z każdej linii), pracownik z działu pakowania i magazynier. Wyłoniono kierownika zespołu – pracownika laboratorium. Zespół przeprowadził burzę mózgów i wskazał przyczyny, które potencjalnie mogą wpływać na skuteczność procesu kontroli jakości. Każdy pomysł członków zespołu zapisywano na osobnej karteczce i przyklejano na tablicy. Ostatecznie ten etap analizy zaprezentowano na rysunku 3.3.



Rysunek 3.3.
Etap zbierania danych do diagramu pokrewieństwa
Źródło: opracowanie własne.

Co decyduje o skuteczności kontroli jakości?

Organizacja pracy	Laboratorium	Magazyn	Kontrola toku produkcji	Czynnik ludzki
Jasny podział obowiązków	Regularne wzorcowanie i przegląd sprzętu kontrolno-pomiarowego	Regularne przeglądy stanu magazynowych wyrobów gotowych	Szkolenia z SPC dla wszystkich	Nowy system motywacyjny
Lider na każdej zmianie	Aktualizacja instrukcji	Możliwość zatrzymania wysyłki	Regularny przegląd parametrów monitorowania	Nagrody dla brygad najbliższych „zeru błędów”
Wskazanie uprawnień do zatrzymania wyrobów liderom	Wdrożenie One Point Lesson	Kontrola wyrywkowa na wejściu	Wdrożenie systemu szybkiego reagowania	Wdrożenie zasad zastępowalności
Wskazanie z nazwiska odpowiedzialności za zwolnienie wyrobu	Oprogramowanie wspierające raportowanie badań	Udział w regularnej ocenie dostawców		
Identyfikacja kontrolerów jakości				

Rysunek 3.4.
Przykład diagramu pokrewieństwa
Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym etapem było uporządkowanie wszystkich pomysłów, znalezienie wspólnego zbioru. Ostatecznie sporządzono diagram pokrewieństwa, który wygląda następująco (rysunek 3.4).

Zespół został poproszony o głosowanie na najważniejszą kategorię wskazaną na diagramie pokrewieństwa. Każdy z członków zespołu mógł oddać jeden głos. Najwięcej punktów, bo aż cztery, zdobyła kategoria „czynniki ludzkie”, trzy punkty – „organizacja pracy”, pozostałe kategorie – jeden punkt. Postanowiono przyrzeć się pomysłom wyłonionym w kategorii z największą ilością punktów i pogłębić analizy.

Sprawdź, czy już umiesz

Zadanie 1

W przedsiębiorstwie produkującym elektryczne szczoteczki do zębów postanowiono zastanowić się nad problemem zwiększenia sprzedaży. Powołano ośmioosobowy zespół, który w umówionym terminie przeprowadził burzę mózgów. Na głównej tablicy zdefiniowano problem: „Jak zwiększyć sprzedaż elektrycznych szczoteczek do zębów?”. Każdy z uczestników spotkania zapisywał swoje pomysły na żółtych karteczkach, a następnie naklejał je na tablicy w dowolnym miejscu.

Kolejnym etapem było poszukiwanie podobieństw (pokrewieństw) między pomysłami. Wyłoniono pięć kategorii pomysłów, w każdej znalazło się od trzech do pięciu przykładów. Kategorie nazwano adekwatnie. Narysuj diagram pokrewieństwa, określ, w jaki sposób wyłoniono najważniejszą grupę czynników wpływających na wzrost sprzedaży szczoteczek do zębów, wyciągnij wnioski i wskaż jakie kolejne działania zostaną podjęte w analizowanym obszarze.

Zadanie 2

Podaj pięć przykładów problemów, które mogą być rozwiązywane z wykorzystaniem diagramu pokrewieństwa. Wybierz jeden z nich, opisz go, a następnie krok po kroku zrealizuj procedurę postępowania, opisując każdy z etapów. Zaprezentuj uzyskane wyniki w formie graficznej.

3.5. Diagram strzałkowy

Diagram strzałkowy – określany również wykresem sieciowym – jest stosowany przy planowaniu działań, a następnie ustalaniu ich kolejności. Wykorzystuje się go do organizowania procesów mających charakter powtarzalny (Terelak-Tymczyna, 2012), by ułatwić kontrolę przebiegu wykonywanych prac poprzez zapewnienie jak najlepszego czasu planowania dla konkretnej czynności. Diagram strzałkowy rozwija diagram procesu (schematu blokowy, algorytm), gdzie każdemu zadaniu przydzielona jest odpowiedzialność, a także czas realizacji zadania. Może być on stosowany przy opracowywaniu jak najefektywniejszego dziennego planu realizacji projektu oraz do kontrolowania przebiegu (Łuczak, Matuszak-Flejszman 2007).

Procedura postępowania przy diagramie strzałkowym

1. Określ przedsięwzięcie, problem, zadanie lub działanie, które będzie przedmiotem analizy.
2. Wymień w punktach kroki, jakie należy podjąć, żeby zrealizować analizowane przedsięwzięcie.
3. Określ czas trwania poszczególnych zdarzeń.
4. Możesz (nie jest to konieczne) zestawić zdarzenia i czas ich trwania w tabeli.
5. Narysuj diagram strzałkowy.
6. Przeanalizuj wyniki i wyciągnij wnioski. Skup się na czasie trwania poszczególnych zdarzeń, czy widzisz ryzyko?

Przykład zastosowania diagramu strzałkowego

W przedsiębiorstwie produkcyjnym ABC stwierdzono, że pracownikom średniego szczebla brakuje kompetencji w zakresie stosowania narzędzi zarządzania jakością. Postanowiono zorganizować szkolenie, ważne jednak jest to, żeby nie zakłócało ono rytmu organizacyjnego, ale było realizowane w godzinach pracy pracowników.

Poza tym szkolenie miało być zrealizowane w ciągu najbliższego miesiąca, przeznaczone dla pracowników przedsiębiorstwa, w miejscu bliskim siedzibie firmy ABC (przedsiębiorstwo nie dysponuje własną salą konferencyjną). Po zrealizowanym szkoleniu przedsięwzięcie musi zostać rozliczone i ocenione z punktu widzenia skuteczności i stopnia osiągnięcia założonych celów. Wskazano osobę odpowiedzialną za zorganizowanie szkolenia *Podnoszenie kompetencji*

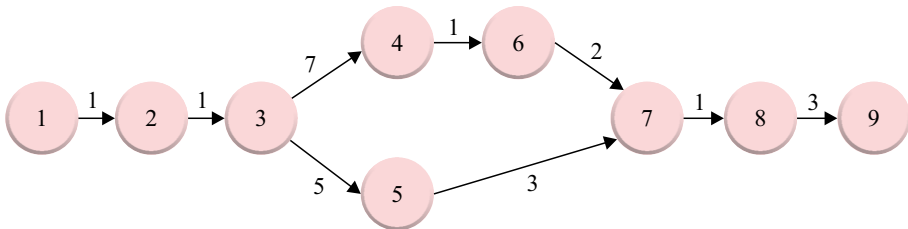
pracowników średniego szczebla w zakresie stosowania narzędzi zarządzania jakością, którym został kierownik HR. Kierownik przestąpił do realizacji zadania i w pierwszej kolejności określił zadania do wykonania oraz szacowany czas ich trwania. Wyniki zestawiał w tabeli 3.2.

Tabela 3.2.
Zadania do wykonania podczas organizacji szkolenia

Nr zdarzeń	Nazwa czynności	Czas trwania
1–2	określenie zakresu szkolenia	1 dzień
2–3	opracowanie zapytania ofertowego i rozesłanie do firm szkoleniowych	1 dzień
3–4	poszukiwanie dostawcy usług szkoleniowych według ustalonych kryteriów	7 dni
3–5	bieżąca korespondencja z dostawcami usług szkoleniowych i doprecyzowanie zakresu umowy.	5 dni
4–6	podpisanie umowy z wybranym dostawcą usług szkoleniowych	1 dzień
5–7	wynajęcie sali konferencyjnej	3 dni
6–7	zrealizowanie szkolenia	2 dni
7–8	rozliczenie szkolenia	1 dzień
8–9	ocena skuteczności szkolenia	3 dni

Źródło: opracowanie własne.

Narysowano diagram strzałkowy – zob. rysunek 3.5.



Rysunek 3.5.

Diagram strzałkowy dla przedsięwzięcia *Podnoszenie kompetencji pracowników średniego szczebla w zakresie stosowania narzędzi zarządzania jakością*

Źródło: opracowanie własne.

Zaprezentowany diagram strzałkowy w czytelny sposób ukazuje następującą po sobie sekwencję zdarzeń oraz powiązania pomiędzy nimi, składające się na organizację szkolenia. Z analizy diagramu możemy zauważyć, że zadania związane z zamówieniem dostawcy usług szkoleniowych można zrealizować rów-

nocześnie z poszukiwaniem sali szkoleniowej, co ułatwi sprawniejszą realizację przedsięwzięcia (co ważne, ponieważ od momentu decyzji o szkoleniu do jego zakończenia nie minęło więcej niż jeden miesiąc). Wykorzystanie diagramu jest szczególnie ważne w projektach złożonych, składających się z wielu etapów i zadań. Łatwiej jest wtedy przedstawić, ale też przeanalizować przebieg w sposób graficzny niż opisowy czy tabelaryczny.

Sprawdź, czy już umiesz

Zadanie 1

W przedsiębiorstwie produkującym meble tapicerowane podjęto decyzję o uruchomieniu nowej linii produkcyjnej przeznaczonej wyłącznie do tapicerowania skórą naturalną, wcześniej garbowaną i barwioną. Kierownik produkcji przyjął odpowiedzialność za ten projekt i rozpoczął prace, które mają trwać nie dłużej niż 14 miesięcy. Pierwszym etapem realizacji przedsięwzięcia było określenie głównych zadań niezbędnych do wykonania. Są nimi:

1. Opracowanie specyfikacji linii produkcyjnej.
2. Opracowanie projektu koncepcyjnego i wykonawczego.
3. Konfrontacja projektu z głównym technologiem i określenie kolejności ustawień linii.
4. Rozplanowanie ustawienia maszyn i urządzeń.
5. Poszukiwanie dostawców niezbędnych maszyn i urządzeń.
6. Zabezpieczenie dostępności mediów niezbędnych do pracy nowej linii.
7. Zebranie niezbędnych pozwoleń.
8. Prace budowlane – przebudowa części hali produkcyjnej.
9. Montaż urządzeń na hali produkcyjnej.
10. Rozruch i ustawienie sterowania.
11. Doskonalenie sterowania.
12. Testowanie.
13. Szkolenie pracowników.
14. Opracowanie instrukcji obsługi linii, sterowania, bezpieczeństwa i higieny pracy.
15. Uruchomienie serii informacyjnej.
16. Seria próbna.
17. Uruchomienie produkcji.

To nie wszystkie zadania. Rozbuduj listę, uszczegółowiając cele. Zastanów się, które z nich można wykonywać równolegle. Oszacuj czas trwania etapów prac, narysuj diagram strzałkowy i wyciągnij wnioski.

Zadanie 2

Wybierz jedno z poniższych przedsięwzięć:

- a) kampania informacyjna dla mieszkańców miasta Poznań pt. *Komunikacja miejska dostępna dla wszystkich*,
- b) promocja sklepu internetowego specjalizującego się w sprzedaży zdrowej żywności w mediach społecznościowych,
- c) zaprojektowanie konstrukcji biurka dla graczy.

Określ łączny czas trwania przedsięwzięcia, wymień czynności niezbędne do jego zrealizowania, oszacuj czas dla tych czynności, przedstaw wyniki na diagramie strzałkowym i wyciągnij wnioski.

3.4. Drzewo decyzyjne

Drzewo decyzyjne nazywane jest również mapą zadań lub czynności niezbędnych do realizacji projektu. To narzędzie służące do znalezienia najskuteczniejszych zasobów do realizowanego celu oraz hierarchicznego uporządkowania czynników wpływających na analizowany problem (Kowalczyk, 2012). Narzędzie to umożliwia ustalenie przyczyny oraz zadania zgodnie z zasadą „od ogółu do szczegółu”. Oprócz zadań, które są konieczne do zrealizowania danego przedsięwzięcia, w drzewie decyzyjnym poświęca się uwagę decyzjom. Najważniejsze, aby drzewo decyzyjne było kompletne i spójne. Powinno w przejrzysty sposób prezentować decyzje podejmowane na różnych etapach analizy oraz ich konsekwencje. Trzeba pamiętać, aby przeprowadzić weryfikację – czynności szczegółowe powinny umożliwiać osiągnięcie celu głównego i odwrotnie, analiza celu głównego pozwala na znalezienie np. wskazówki jego realizacji (Hamrol 2005; Mazur, Gołaś 2010).

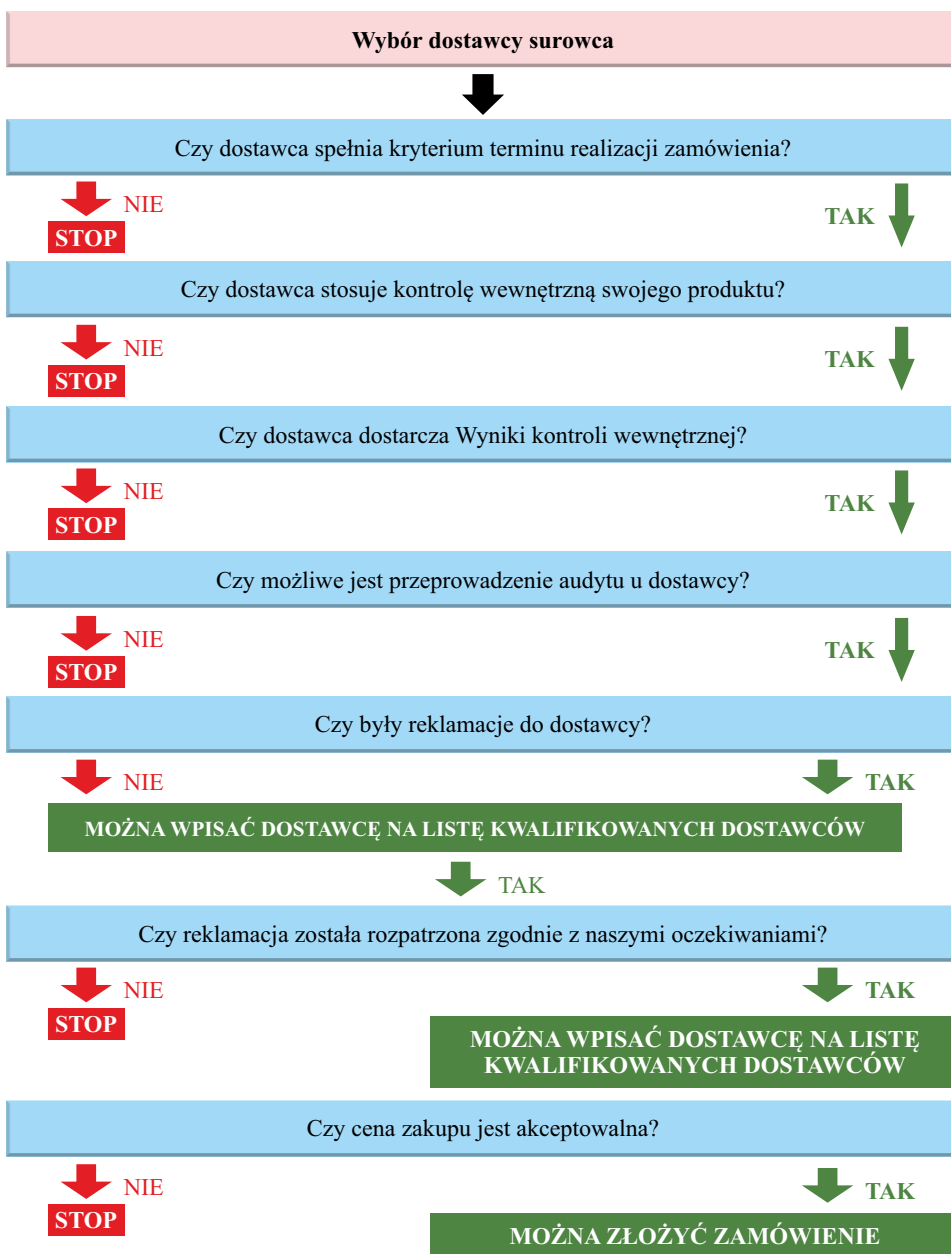
Procedura postępowania przy użyciu drzewa decyzyjnego

1. Określ, jaki problem będzie rozwiązywany z użyciem drzewa decyzyjnego.
2. Zdefiniuj kryteria, według których będą podejmowane decyzje.
3. W odniesieniu do analizowanego problemu wyspecyfikuj etapy podejmowania decyzji.
4. Zaczynij rysować drzewo decyzyjne wyraźnie, zaznaczając momenty podejmowania decyzji.

Przykład zastosowania drzewa decyzyjnego

W przedsiębiorstwie produkcyjnym zakupy surowców, opakowań, usług transportowych, szkoleniowych i edukacyjnych są realizowane u dostawców, którzy spełniają kryteria określone przez przedsiębiorstwo. Dla poszczególnych grup dostawców kryteria mogą być różne.

Dla dostawców surowca koniecznym są: termin realizacji zamówienia, stosowanie ustandaryzowanej kontroli wewnętrznej i okazywanie wyników, zgoda dostawcy na przeprowadzenie audytów w jego firmie, informacje dotyczące reklamacji oraz tego, jak zostały rozwiązane. Ostatnim kryterium jest cena surowca. W odniesieniu do powyższych kryteriów realizuje się wybór dostawcy surowca, który zaprezentowano w formie drzewa decyzyjnego (rysunek 3.6).



Rysunek 3.6.
 Drzewo decyzyjne – wybór dostawcy surowca
 Źródło: opracowanie własne.

Sprawdź, czy już umiesz

Zadanie 1

W przedsiębiorstwie budowlanym postanowiono zakupić uprząże zwiększające poziom bezpieczeństwa dla wszystkich pracowników wykonujących zadania na wysokości. Jako kryteria ustalono dostępność rozmiarów od S do XXL, dodatkowy montaż odblasków, zabezpieczenie dla tętnicy udowej, możliwość zwrotu po przymierzaniu i niedopasowaniu rozmiaru oraz personalizacji kolorystycznej uprząży. Narysuj drzewo decyzyjne, wyciągnij wnioski.

Zadanie 2

Wybierz jedno z poniższych przedsięwzięć:

- a) wybór dostawcy usług szkoleniowych dla szkolenia *Prawne aspekty promocji wyrobów medycznych*,
- b) wybór środka lokomocji na trasie Gniezno–Ostrawa,
- c) wybór metody promocji i reklamy usług consultingowych w zakresie doskonalenia procesów w przedsiębiorstwach.

Określ kryteria, zadania do zrealizowania, narysuj drzewo decyzyjne i wyciągnij wnioski.

3.5. Diagram macierzowy

Diagram macierzowy – inaczej maczyca zależności, diagram tablicowy lub wykres matrycowy – określa związek pomiędzy dwiema lub więcej grupami elementów niemających ani charakteru korelacji, ani funkcji. Ich dobór jest nieprzypadkowy. Może on wynikać z wykonanej wcześniej pracy wykorzystującej inne narzędzia, takie jak np. burza mózgów (Hamrol, Mantura 2005). Wykres jest wykorzystywany do regularnego badania oddziaływań mających miejsce pomiędzy minimum dwoma zbiorami części (Starzyńska, Hamrol, Grabowska, 2010). Pozwala on określić jak silne są powiązania między nimi (Major, Stefanów 2008). W zależności od ilości grup, a także rodzaju współzależności, może przyjmować różne formy (Hamrol, Mantura 2005). Istnieje sześć typów diagramów macierzowych: L, T, Y, X, C i dachowy, w zależności od liczby porównywanych grup – przedstawiono je w tabeli 3.3.

Tabela 3.3.
Typy diagramów macierzowych

Typy diagramów macierzowych		
Tym diagramu	Ilość grup w porównaniu	Rodzaj zależności
L	2 grupy	macierz w kształcie litery L wiąże ze sobą dwie grupy przedmiotów (lub jedną grupę ze sobą)
T	3 grupy	macierz w kształcie litery T dotyczy trzech grup przedmiotów: każda z grup B i C jest związana z A; grupy B i C nie są ze sobą powiązane
Y	3 grupy	macierz w kształcie litery Y odnosi się do trzech grup przedmiotów: każda grupa jest powiązana z pozostałymi dwoma w sposób kołowy
C	3 grupy	macierz w kształcie litery C łączy trzy grupy przedmiotów jednocześnie, w 3D
X	4 grupy	macierz w kształcie litery X wiąże cztery grupy przedmiotów: każda grupa jest powiązana z dwoma innymi w sposób kołowy
Diagram dachowy (daszek)	1 grupa	macierz w kształcie dachu wiąże ze sobą jedną grupę przedmiotów; jest zwykle używana wraz z matrycą w kształcie litery L lub T

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Tague, 2004.

Aby zbudować diagram macierzowy, zespół musi zdefiniować cel, zebrać i zidentyfikować zbiory danych, wybrać odpowiedni typ macierzy i sposób porównywania danych, udokumentować macierz i wyciągnąć z niej wnioski.

Procedura postępowania przy budowie diagramu macierzowego

Diagram macierzowy tworzy się od określenia problemu. Następnie definiuje się grupy i ich części oraz wybiera odpowiedni typ macierzy. Elementy umieszcza się w stosownych wierszach i kolumnach, wskazuje między nimi zależności, a na koniec określa się ich siłę za pomocą symbolów graficznych lub wartości liczbowych. Diagram przedstawia powiązania elementów oraz rodzaj i siłę związku zachodzącego między nimi.

Przykład zastosowania diagramu macierzowego

W przedsiębiorstwie produkcyjnym przeprowadzono audyt w procesie magazynowania. Wykryto szereg niezgodności, takich jak błędnie wydany towar,

pomyłona etykieta, wydanie towaru uszkodzonego, błędy w stanach magazynowych, zaginięcie towaru, wąskie gardło (duża kolejka do wydań), zły przepływ informacji. Postanowiono poszukać przyczyn tych sytuacji w dwóch grupach czynników: związanych z utrzymaniem ruchu oraz z doбором zasobów ludzkich. Wynik analizy przedstawiono za pomocą diagramu macierzowego w kształcie litery T (zob. rysunek 3.7), który pozwolił również na określenie siły zależności pomiędzy zdefiniowanymi przyczynami.

Czynniki związane z obszarem utrzymania ruchu						Przyczyny związane z doborem zasobów ludzkich					
Brak krótkofalówek	Zniszczone czynniki kodów kreskowych	Brak systemu komputerowego	Awarie wózków ręcznych	Awarie wózków widłowych	Problemy w procesie magazynowania	Duża rotacja pracowników	Brak zasad zastępowalności	Brak sprecyzowanych odpowiedzialności	Nierówny podział pracy między zmianami	Trzyzmianowy system pracy	Brak nadzoru na nowej zmianie
X	3	3	X	X	Błędnie wydany towar	2	X	1	1	X	3
1	3	3	X	X	Pomyłona etykieta	X	X	1	2	X	3
X	X	1	1	1	Wydano uszkodzony towar	2	2	2	2	X	3
X	3	3	X	X	Błędy w stacjach magazynowych	X	X	X	X	X	2
X	2	2	X	X	Zaginięcie towaru	2	X	1	1	2	3
3	3	3	3	3	Wąskie gardło duża kolejka wydań	2	2	2	2	1	2
3	2	3	1	1	Zły przepływ informacji w magazynie	2	2	3	2	2	2
Brak nadzoru na nowej zmianie	Pomyłona etykieta	Błędy w stacjach magazynowych	Nierówny podział pracy między zmianami	Nierówny podział pracy między zmianami		Awarie wózków ręcznych	Trzyzmianowy system pracy	Awarie wózków ręcznych	Awarie wózków ręcznych	Nierówny podział pracy między zmianami	Błędy w stacjach magazynowych

3 – silna zależność; 2 – średnio zależność; 1 – słaba zależność; X – brak zależności

Rysunek 3.7.
Diagram macierzowy w kształcie litery T

Źródło: opracowanie własne.

Dzięki zastosowaniu diagramu macierzowego, można łatwo wskazać zależności między czynnikami. Diagram macierzowy jest fragmentem jednej z metod zarządzania jakością – QFD, na etapie analizy zależności między poszczególnymi parametrami technicznymi wyrobów.

Sprawdź, czy już umiesz

Zadanie 1

Przedsiębiorstwo produkcyjne ABC utrzymuje system zarządzania jakością zgodną z normą ISO 9001:2015. Audyty wewnętrzne systemu zarządzania jakością przeprowadzane są regularnie. Zauważono, że skuteczność audytów wewnętrznych zależy od kilku czynników: doświadczenia audytora (rok, dwa lata, ponad dwa lata doświadczenia i ponad 5 lat), metody audytu (z i bez interakcji osobowej) oraz rodzaju audytu (audyt pierwszej strony, drugiej strony, certyfikujący).

Zbuduj diagram macierzowy w kształcie litery U i dokonaj analizy siły oddziaływania tych trzech czynników.

Zadanie 2

Wybierz jeden z poniższych problemów do rozwiązania:

- a) zależność między: czasem dotarcia z dworca głównego w Poznaniu do lotniska Ławica, liczbą godzin spędzonych w podróży w ciągu doby oraz dostępnymi środkami komunikacji zbiorowej (porównanie trzech czynników),
- b) zależność między błędami w wyrobie gotowym ze względu na rodzaj błędu (uszkodzenie, pęknięcie, zarysowanie, odprysk farby, widoczna rdza), miejsca powstawania błędu (produkcja, magazyn, transport) oraz zmiany roboczej (poranna, popołudniowa, nocna) – porównanie trzech czynników.

Narysuj diagram macierzowy, określ siłę zależności i wyciągnij wnioski.

3.6. Macierzowa analiza danych

Macierzowa analiza danych, znana również m.in. jako wykres analizy danych czy analiza portfelowa, to narzędzie do prezentacji danych otrzymanych w diagramach macierzowych po ich wielowariantowej analizie (Starzyńska, Hamrol, Grabowska 2010). Ma ono graficzną formę, która wynika ze stopnia zależności między czynnikami. W związku z tym przyjmuje postać prostokątnej lub trójkątnej macierzy (Kowalczyk, 2012). Macierzowa analiza danych pokazuje związki pomiędzy niepołączonymi funkcjonalnie dwoma zbiorami danych, a także ułatwia wskazanie najważniejszych elementów w trakcie procesów wyboru. Dane wartościuje się ze względu na różne czynniki decyzyjne. Zanim przystąpi się do przedstawienia wyników na wykresie, zostaje przeprowadzona wielowariantowa analiza. Wartościowanie danych dokonuje się w zależności od kryteriów (np. jakość, cena, kompetencje trenera i koszty szkolenia itp.). Wykres powinien zawierać:

- a) przyporządkowanie zbiorów cech (kryteria decyzyjne) do poszczególnych osi wykresu,
- b) określenie wielkości i rodzaju zależności między zbiorami cech,
- c) wartościowanie danych ze względu na różne kryteria decyzyjne,
- d) naniesienie danych na wykres (Hamrol, 2007).

Procedura postępowania przy macierzowej analizie danych

1. Określ, jaką zależność chcesz zaprezentować.
2. Zestaw kryteria zależności.
3. Przeprowadź wielowariantową analizę, jej wyniki możesz przedstawić na diagramie macierzowym.
4. Dokonaj wartościowania danych, uwzględniając zasady określone w analizie kryteriów.
5. Podpisz osie i nanieś dane na wykres.
6. Wyciągnij wnioski.

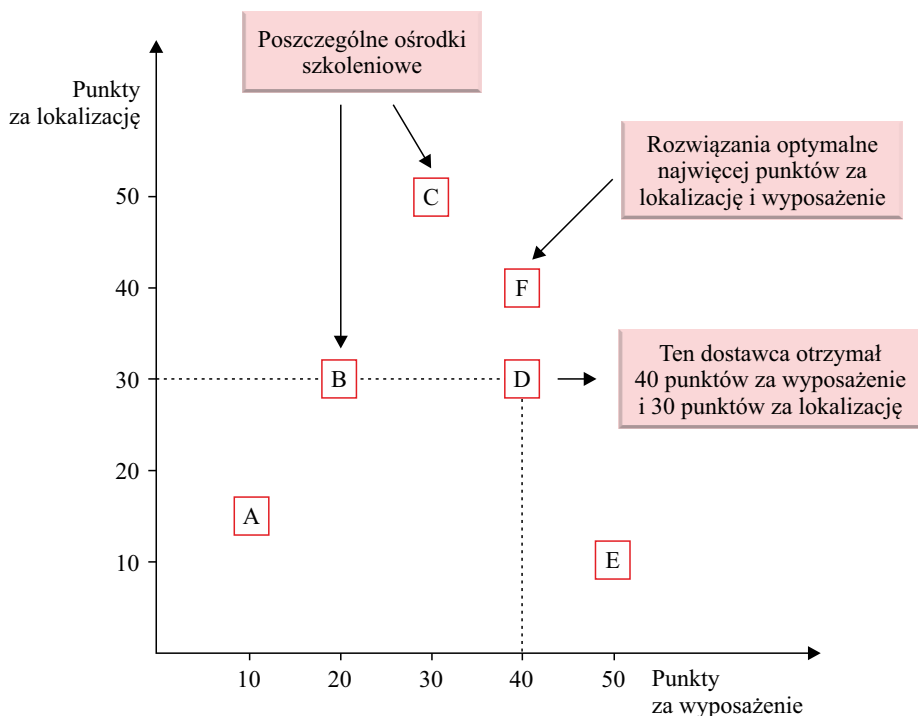
Przykład zastosowania macierzowej analizy danych

W przedsiębiorstwie postanowiono zorganizować wyjazd integracyjny. Rozpoczęto poszukiwanie odpowiedniego ośrodka, który z jednej strony zagwaran-

tuje możliwość wypoczynku, ale również – z drugiej – umożliwi zorganizowanie spotkań, na których rozwiązywane będą różne problemy organizacji.

Ważne, aby dojazd do ośrodka nie przekraczał 90 minut.

Po przeprowadzonej analizie i ocenie punktowej poszczególnych miejsc, gdzie można zorganizować wyjazd integracyjny, wyniki przedstawiono na diagramie macierzowym (zob. rysunek 3.8).



Rysunek 3.8.

Diagram macierzowy – wybór ośrodka na wyjazd integracyjny

Źródło: opracowanie własne.

Sprawdź, czy już umiesz

Zadanie 1

W przedsiębiorstwie postanowiono uruchomić cykl szkoleń wewnętrznych związanych ze statystyczną kontrolą procesu. Szkolonych będzie 12 pracowników w cyklu – jedno szkolenie miesięcznie przez okres czterech miesięcy. Po-

stanowiono ocenić oferty firm szkoleniowych, zestawiając ze sobą kryteria ceny szkolenia i kompetencji trenerów. Za cenę szkolenia oceniani dostawcy usług szkoleniowych mogli uzyskać maksymalnie 45 punktów, za kompetencje – maksymalnie 50 punktów. Kryteria oceny przedstawiono w tabeli 3.4.

Tabela 3.4.
Kryteria oceny do wyboru szkolenia

Kryterium	Opis kryterium	Punkty do zdobycia
Cena szkolenia: kompleksowa cena za cykl czterech szkoleń dla 12 osób	do 10 000 zł netto	45 punktów
	powyżej 10 000 zł netto, ale mniej niż 15 000 zł netto	30 punktów
	powyżej 15 000 zł netto, ale mniej niż 20 000 zł netto	20 punktów
	powyżej 20 000 zł netto, ale mniej niż 25 000 zł netto	10 punktów
	powyżej 25 000 zł netto	0 punktów
Kompetencje trenera	doświadczenie w szkoleniach z SPC w przedsiębiorstwie tej samej branży w ostatnich dwóch latach	15 punktów
	doświadczenie w pracy z procesami poddawanych kontroli statystycznej udokumentowane w ciągu ostatnich dwóch lat	15 punktów
	znajomość procesów spawalniczych	20 punktów

Źródło: opracowanie własne.

Dokonaj analizy i oceny czterech firm szkoleniowych. Wyniki przedstaw w firmie macierzowej analizie danych.

Zadanie 2

Wykonaj macierzową analizę danych dla problemu: wybór środka lokomocji na trasie Poznań–Kraków. Samodzielnie ustal kryteria, skalę ocen i dokonaj analizy. Przedstaw wyniki graficznie i wyciągnij wnioski.

3.7. Wykres programowy procesu podejmowania decyzji

Wykres programowy procesu podejmowania decyzji (ang. *The Process Decision Program Chart*), nazywany PDPC, umożliwi opisanie i wybór najbardziej odpowiedniej drogi w celu osiągnięcia zaplanowanego celu (Stasiuk-Piekarska, 2015) poprzez wykrycie i zminimalizowania ryzyka (Major, Stefanów, 2008). Wykres umożliwi wybór optymalnej drogi osiągnięcia zamierzonego celu. Wykres programowy procesu decyzji jest stosowany do:

- a) badania ewentualnych sytuacji, które mogą zajść po wdrożeniu nowego planu działań, niosącego ze sobą ryzyko niepowodzenia,
- b) podczas wdrażania skomplikowanych planów działań, w których konsekwencje niepowodzenia są poważne,
- c) podczas wdrażania planu, kiedy narzucone ograniczenia czasowe nie pozwolą na uporanie się z ewentualnymi problemami, jeśli takowe wystąpią.

Za pomocą wykresu PDPC można przedstawić kroki, które trzeba podjąć, żeby zrealizować konkretne przedsięwzięcie. Wykres odzwierciedla działania, a następnie zadania (etapy), które są niezbędne, żeby to działanie zrealizować. Na wykresie przedstawia się również potencjalne problemy. To niezwykle istotny moment, bo stwarza możliwość zastanowienia się „jakie inne kroki można podjąć, aby zrealizować cel?”, a także „jakie działania podjąć, żeby zminimalizować ryzyko niepowodzenia przedsięwzięcia?”. To właśnie nadaje bardzo dynamiczny charakter temu narzędziu.

Procedura postępowania podczas tworzenia wykresu programowego procesu podejmowania decyzji

1. Sformułuj problem. Kiedy problem okazuje się złożony, przedstaw szczegółowo poszczególne zdarzenia lub działania, wykorzystując do tego na przykład diagram procesu lub diagram strzałkowy.
2. Powołaj zespół – PDPC również lubi pracę zespołową.
3. Przeprowadź analizę. Najpierw określ, jakie zadanie musisz wykonać, żeby rozwiązać problem, następnie zdefiniuj etapy działania. Określ, co może się zdarzyć na każdym etapie rozwiązywania problemu. Zaproponuj działania zapobiegawcze.
4. Zaplanuj środki na działania zapobiegawcze, określ plan działania w stosunku do zdefiniowanych problemów.
5. Analizuj na bieżąco wykres PDPC, co pomoże w skutecznym zrealizowaniu celu przedsięwzięcia.

Przykład zastosowania wykresu programowego procesu podejmowania decyzji

W przedsiębiorstwie podjęto decyzję o przeprowadzaniu regularnych audytów wewnętrznych. W tym celu konieczne jest wskazanie:

- a) planu działania,
- b) konkretnych działań, które należy podjąć,
- c) etapów niezbędnych do zrealizowania działań,
- d) potencjalnych problemów, które pojawiają się podczas realizacji działań,
- e) działań zapobiegawczych, które zminimalizują ryzyko niepowodzenia,
- f) najważniejszych decyzji.

Jest to przedsięwzięcie, które ma znaczący wpływ na skuteczność wdrożonego systemu zarządzania jakością. Postanowiono zaplanować przedsięwzięcie z wykorzystaniem wykresu programowego procesu podejmowania decyzji PDPC, który przedstawiono na rysunku 3.9.



Rysunek 3.9.

Wykres programowy procesu podejmowania decyzji PDPC dla organizacji audytów wewnętrznych

Źródło: opracowanie własne.

Sprawdź, czy już umiesz

Zadanie 1

Narysuj wykres programowy procesu podejmowania decyzji dla przedsięwzięcia *Kampania promocyjna soków naturalnych marki NaturVit*. Określ, na czym należy skupić uwagę, chcąc wyeliminować ryzyka niepowodzenia.

Zadanie 2

Przedsiębiorstwo produkcyjne, w którym zamierzasz odbyć ważny staż, zwraca się do Ciebie z prośbą o ułatwienie nadzorowania przedsięwzięcia związanego z budową szatni dla pracowników. Wpadasz na pomysł, że można zastosować wykres PDPC. Przygotuj krótką instrukcję opracowania takiego wykresu, interpretacji wyników i wnioskowania, a następnie narysuj wykres, który przedstawi w przedsiębiorstwie.

Podsumowanie

Siedem tradycyjnych i siedem nowych narzędzi zarządzania jakością cieszy się dużym powodzeniem wśród pracowników przedsiębiorstw różnych branż zaangażowanych w rozwiązywanie problemów, kreatywne myślenie i poszukiwanie obszarów do doskonalenia.

Problematyka doskonalenia przedstawiona w pierwszym rozdziale opracowania jest bardzo szeroka. Zrozumienie idei to niezwykle ważne zadanie, gdyż doskonalenie może przybierać różną formę, a celem nadrzędnym działań doskonalących zawsze będzie osiągnięcie wymiernych korzyści.

Do doskonalenia procesów organizacji można wykorzystywać wiele metod. W niniejszym opracowaniu świadomie nie zostały poruszone aspekty związane z szeroko pojętą metodologią stosowaną w zarządzaniu jakością. Aby właściwie stosować metody i zasady zarządzania jakością, trzeba dobrze poznać narzędzia, które są podstawowym wsparciem stosowania innych, bardziej skomplikowanych rozwiązań.

Siedem tradycyjnych i siedem nowych narzędzi zarządzania jakością to podstawa. Ich znajomość będzie ważna zarówno przy rozwiązywaniu problemów, graficznej prezentacji wyników, jak i przy poszukiwaniu przyczyn różnych zdarzeń niepożądanych i w wielu, wielu innych okolicznościach. Poznanie tych narzędzi nie tylko z teoretycznego punktu widzenia, lecz szczególnie w aspektach praktycznych umożliwi prawidłowe ich stosowanie.

Bibliografia

- Aggarwal A.K., *Using Deming's cycle for improvement in a course: A case study*, "International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies" 2020, vol.15, no. 3, s. 31–45.
- Broniewska G., *Cykl zorganizowanego działania, czyli o tradycyjnej i współczesnej logice wprowadzania zmian i doskonalenia organizacji*, „Przegląd Organizacji” 2007, nr 5, s. 14–18.
- Carnerud D., Jaca C., Bäckström I., *Kaizen and continuous improvement – trends and patterns over 30 years*, "The TQM Journal" 2018, vol. 30, no. 4, s. 371–390.
- Cierpień D., Knop K., *Wykorzystanie diagramu Pareto-Lorenza oraz diagramu Ishikawy do analizy niezgodności powstających w procesie produkcji cięgną hamulca ręcznego*, „Archiwum Wiedzy Inżynierskiej” 2018, nr 3/2, s. 3–6.
- Dahlgaard J.J., Kristesen K., Kanji G.K., *Podstawy zarządzania jakością*, PWN, Warszawa 2000.
- Deming W.E., *Out of the Crisis*, Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study, Cambridge–Massachusetts 1996.
- Domingo R.T., *Identifying and Eliminating The Seven Wastes or Muda*, retrieved from: www.rtdonline.com (dostęp: 09.09.2022).
- Giemza M., *Narzędzia zarządzania jakością, Wybrane zagadnienia nauki o żywności i zarządzania jakością*, Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2014, s. 135–154.
- Golińska-Dawson P., Kosacka M., Werner-Lewandowska K., *Gdzie i jak usprawnić procesy? – Identyfikacja potencjałów optymalizacyjnych przez analizę marnotrawstw (muda) w perspektywie zrównoważonego wykorzystania zasobów*, „Logistyka” 2015, nr 2, s. 167–178.
- Gołaś H., Mazur A., *Wdrażanie systemów zarządzania jakością*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2011.
- Gołaś H., Mazur A., *Zarządzanie jakością*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2011.
- Gołębiowski M., *Teoretyczne aspekty doskonalenia jakości w organizacji*, „Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania” 2008, nr 1, s. 157–164.
- Gonçalves A., Marques M.C., Loureiro S., Nieto R., Liberato M.L., *Disruption risk analysis of the overhead power lines in Portugal*, "Energy" 2023, vol. 263, 125583.
- Gonzalez Aleu F., Van Aken E., Cross J., Glover W., *Continuous improvement project within Kaizen: critical success factors in hospitals*, "The TQM Journal" 2018, vol. 30, no. 4, s. 335–355.

- Greber T., *Statystyczne sterowanie procesami – doskonalenie jakości z pakietem statistica*, Statsoft, Kraków 2000.
- Gogtay N.J., Thatte U.M., *Principles of Correlation Analysis*, “Journal of the Association of Physicians of India” 2017, vol. 65, s. 78–81.
- Guihenneuc J., Ayraud-Thevenot S., Roschnik S., Dupuis A., Migeot V., *Climate change and health care facilities: A risk analysis framework through a mapping review*, “Environmental Research” 2022, s. 114709.
- Haffer R., *Systemy zarządzania jakością w budowaniu przewag konkurencyjnych przedsiębiorstw*, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2003.
- Hamrol A., *Zarządzanie jakością z przykładami*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.
- Hamrol A., *Zarządzanie i inżynieria jakości*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2017.
- Hamrol A., Mantura W., *Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005.
- Heidrich J., *Do You Know Tim Woods?*, 2009, retrieved from: www.medium.com, access: (dostęp: 22.07.2021).
- Heires M., *The international organization for standardization (ISO)*, “New Political Economy” 2008, no. 13, vol. 3, s. 357–367.
- Helmold M., *Lean Management and Kaizen*, Springer, Berlin 2020.
- Hernas A., Gajda L., *Systemy zarządzania jakością*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.
- Hibner M., *Wykorzystanie diagramu Pareto-Lorenza do analizy postojów/przestojów odstawy urobku*, „Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witona w Legnicy” 2017, nr 23, s. 213.
- Imai M., *Kaizen. Klucz do konkurencyjnego sukcesu Japonii*, Wydawnictwo MT Biznes, Warszawa 2007.
- ISO 9000:2015, *Systemy zarządzania jakością. Podstawy i terminologia*.
- Iwasiewicz A., *Zarządzanie jakością. Podstawowe problemy i metody*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa–Kraków 1999.
- Jazdon A., *Doskonalenie zarządzania jakością*, Wydawnictwo OPO, Bydgoszcz 2002.
- Jean-Baptiste M.C., Millien C., Sainterant O., Dameus K.J.R., Julmisse M., Julmist T.M., Raymonville M., *Quality improvement initiative reduces overcrowding on labour and delivery unit in a university hospital in Haiti*, “BMJ Open Quality” 2023, 12(1), s. e001879.
- Jedliński M., *Jakość w nowoczesnym zarządzaniu*, Wydawnictwo Zachodnio-pomorskiej Szkoły Biznesu, Szczecin 2002.
- Kalinowski T.B., *Ocena stopnia wdrożenia zarządzania procesowego w badanych przedsiębiorstwach*, „Problemy Zarządzania” 2012, nr 2 (37), s. 43–57.
- Kalinowski B.T., *Dojrzałość procesowa a wyniki organizacji*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2019.
- Karaszewski R., *Nowoczesne koncepcje zarządzania jakością*, TNOiK Dom Organizatora, Toruń 2006.
- Kardas E., Pustějovská P., *The analysis and improvement of product quality using selected methods and tools in automotive industry enterprise*, “Zarządzanie Przedsiębiorstwem” 2018, vol. 21, nr 3, s. 18–25.

- Kowalczyk A., *Ocena implementacji i skuteczności metod zarządzania jakością w opinii dostawców branży motoryzacyjnej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań 2012.
- Latzko W.J., Saunders D.M., *Cztery dni z dr Demingiem. Nowoczesna teoria zarządzania*, WNT, Warszawa 1998.
- Łańcucki J., *Podstawy kompleksowego zarządzania jakością TQM*, Wydawnictwo uczelniane AE, Poznań, 2003.
- Łuczak J., Matuszak-Flejszman A., *Metody i techniki zarządzania jakością. Kompendium wiedzy*, Quality Progress, Poznań 2007.
- Magnusson K., Kroslid D., Bergman B., *Six Sigma. The pragmatic approach*, Studentlitteratur, Lund 2003.
- Major, M., Stefanów, P., *Nowe metody i narzędzia sterowania jakością typu*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego” 2008, nr 790, s. 103–120.
- Mazur A., *Quality management*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2022.
- Mazur A., *Kaizen in production process improvement*, in: *Contemporary corporate management*, ed. K. Grzybowska, Poznan University of Technology, Poznań 2009.
- Mazur A., Golaś H., *Zasady, metody i techniki wykorzystywane w zarządzaniu jakością*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010.
- Mazur A., Małecka J., *Kompleksowe wykorzystanie metod i narzędzi jakości w FMEA procesu*, „Problemy Jakości” 2019, nr 7, s. 14–19.
- Mazur A., *Quality management*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2022.
- Mikołajczyk Z., *Techniki organizatorskie w rozwiązywaniu problemów zarządzania*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 1997.
- Nogalski B., *Lean Management*, w: *Koncepcje zarządzania. Podręcznik akademicki*, red. M. Czerska, A.A. Szpiter, C.H. Beck., Warszawa 2010.
- Ohno T., *System produkcyjny Toyoty*, ProdPress.com, Wrocław 2008.
- Pacana A., Siwiec D., *Improving the process of analysing the causes of problem by integrating the Ishikawa diagram and FAHP method*, “Scientific Papers of Silesian University of Technology Organization and Management Series” 2020, vol. 143, s. 247–257.
- Pacana A., Stadnicka D., *Nowoczesne systemy zarządzania jakością zgodnie z ISO 9001:2015*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2017.
- Plain C., *Build an affinity for KJ method*, “Quality Progress” 2007, vol. 40, 3, s. 88.
- Prussak W., Jasiulewicz-Kaczmarek M., *Elementy inżynierii systemów zarządzania jakością*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010.
- Rother M., Shook J., *Naucz się widzieć. Eliminacja marnotrawstwa poprzez mapowanie strumienia wartości*, Lean Enterprise Institute Polska, Wrocław 2018.
- Sałaciński T., *Inżynieria jakości w technikach wytwarzania*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2016.
- Sęp J., Perłowski R., Pacana A., *Techniki wspomagania zarządzania jakością*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2006.
- Sęp J., Pacana A., *Metody i narzędzia zarządzania jakością*, Oficyna Wydawnictwo Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2001.
- Starzyńska B., Hamrol A., Grabowska M., *Poradnik menedżera jakości: kompendium wiedzy o narzędziach jakości*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010.

- Skrzypek E., Hofman M., *Zarządzanie procesami w przedsiębiorstwie*, Wydawnictwo Wolters Kluwer Polska, Warszawa 2010.
- Stasiuk-Piekarska A., *Metody zarządzania jakością jako wsparcie zarządzania ryzykiem*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej Organizacja i Zarządzanie” 2015, nr 66, s. 133–145.
- Suárez-Barraza M.F., Rodríguez-González F.G., *Cornerstone root causes through the analysis of the Ishikawa diagram, is it possible to find them?*, “International Journal of Quality and Service Sciences” 2019, vol. 11, no. 2, s. 302–316.
- Szczepańska K., *Zarządzanie jakością w dążeniu do doskonałości*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2011.
- Szczerba B., *Wykorzystanie notacji BPMN jako metody wspomagającej automatyzację procesów na przykładzie systemu zarządzania reklamacjami w branży motoryzacyjnej*, „Zarządzanie Przedsiębiorstwem” 2017, 20(1), s. 30–35.
- Tague N.R., *The Quality Toolbox*, American Society for Quality, Milwaukee, 2004.
- Terelak-Tymczyna A., *Metody zarządzania i sterowania jakością. Instrukcja do ćwiczeń*, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Szczecin 2012.
- Tsironis, L.K., *Quality improvement calls data mining: the case of the 7 new quality tools*, “Benchmarking: An International Journal” 2018, vol. 25, no. 1, s. 47–75, doi: 10.1108/BIJ-06-2016-0093.
- Wawak, S., *Zarządzanie jakością. Podstawy, systemy i narzędzia*, Wydawnictwo Helion, Gliwice 2011.
- White S.A., *Introduction to BPMN*, “IBM Cooperation” 2004, 2(0).
- Dubisz S. (red.), *Wielki słownik języka polskiego PWN*, t. 1, A–G, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., Warszawa 2018.
- Wiśniewska M., Grudowski P., *Zarządzanie jakością i innowacyjność w świetle doświadczeń organizacji Pomorza*, InnoBaltica, Gdańsk 2014.
- Wolniak R., Skotnicka B., *Metody i narzędzia zarządzania jakością*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.
- Womack J.P., Jones D.T., *Lean Thinking – szczupłe myślenie*, ProdPresss.com, Wrocław 2008.
- Zimniewicz K., *Teoria i praktyka zarządzania*, PWE, Warszawa 2014.
- Zymonik Z., *IRIS – nowy standard zarządzania jakością dla przemysłu kolejowego*, „Problemy Jakości” 2007, nr 11, s. 13–17.

Spis tabel

1.1. Definicje pojęć „zasada”, „metoda”, „narzędzie”, „technika”.....	21
1.2. „Stara siódemka”	22
1.3. „Nowa siódemka”	23
2.1. Symbole graficzne używane w diagramach przepływu.....	25
2.2. Notyfikacja BPMN	26
2.3. Zdarzenia powodujące wystąpienie wyrobu niezgodnego zarejestrowane w czwartym kwartale 2022 roku	44
2.4. Przyczyny niezgodności w procesie produkcyjnym	46
2.5. Zasady ustalenia liczby przedziałów w zależności od liczebności.....	48
2.6. Wyniki pomiaru czasu pakowania.....	49
2.7. Szerokość i ilość przedziałów	49
2.8. Podział na przedziały i liczebność w przedziałach.....	50
2.9. Wyniki obserwacji zużycia nablyszczacza w programie P5.....	52
2.10. Wyniki obserwacji zależności między ilością zwrotów a liczbą firm kurierskich realizujących wysyłki w Europie	54
2.11. Wyniki obserwacji zależności między ilością braków a temperaturą otoczenia na hali montażowej.....	56
2.12. Przykład zastosowania arkusza kontrolnego	58
2.13. Przykłady interpretacji wyników zarejestrowanych na kartach kontrolnych (PN-ISO 8258).....	68
2.14. Przykłady oceny procesu na podstawie wskaźników zdolności Cp i Cpk.....	71
2.15. Wartości stałe do obliczania granic kontrolnych	72
2.16. Wyniki kontroli w procesie produkcji – obliczenia i dane wejściowe do wyznaczenia toru karty kontrolnej.....	73
2.17. Wyniki pomiaru średnicy kieliszków kryształowych	75
3.1. Analiza ilościowa do diagramu relacji.....	80
3.2. Zadania do wykonania podczas organizacji szkolenia	89
3.3. Typy diagramów macierzowych.....	95
3.4. Kryteria oceny do wyboru szkolenia	101

Spis rysunków

1.1. Sposoby prowadzenia procesu doskonalenia w organizacjach.....	8
1.2. Postępowanie w procesie doskonalenia	11
1.3. Cykl Deminga PDCA	12
1.4. Etapy działań doskonalących	13
1.5. Pozytywny i negatywny cykl doskonalenia	14
1.6. TIM WOODS – 8 źródeł <i>muda</i>	16
2.1. Diagram procesu dla procesu produkcji kredek woskowych	31
2.2. Układ diagramu Ishikawy	35
2.3. Schemat diagramu 5 WHY.....	36
2.4. Przykład wykorzystania analizy 5 WHY	37
2.5. Tok postępowania podczas analizy z wykorzystaniem diagramu Ishikawy.....	40
2.6. Diagram Ishikawy – przykład w układzie 5M+E.....	41
2.7. Przykład interpretacji diagramu Pareto-Lorenza.....	43
2.8. Wykres Pareto-Lorenza – przykład	45
2.9. Histogram zmienności czasu pakowania.....	51
2.10. Wykres korelacji	55
2.11. Diagram korelacji między liczbą szkoleń zrealizowanych dla klienta, a ilością negatywnych opinii od tego klienta	57
2.12. Zasada 6σ dla rozkładu normalnego	64
2.13. Wyznaczanie linii kontrolnych zgodnie z zasadą 6σ	64
2.14. Rodzaje kart kontrolnych	65
2.15. Przykłady sygnałów na torze karty kontrolnej.....	66
2.16. Przykład zastosowania karty kontrolnej.....	74
3.1. Diagram relacji – przykład zastosowania	79
3.2. Analiza z wykorzystaniem diagramu relacji	82
3.3. Etap zbierania danych do diagramu pokrewieństwa.....	85
3.4. Przykład diagramu pokrewieństwa	86
3.5. Diagram strzałkowy dla przedsięwzięcia <i>Podnoszenie kompetencji pracowników średniego szczebla w zakresie stosowania narzędzi zarządzania jakością</i>	89
3.6. Drzewo decyzyjne – wybór dostawcy surowca	93
3.7. Diagram macierzowy w kształcie litery T	97
3.8. Diagram macierzowy – wybór ośrodka na wyjazd integracyjny	100
3.9. Wykres programowy procesu podejmowania decyzji PDPC dla organizacji audytów wewnętrznych	104