

Adam Popek

Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

adam.popek@awf.krakow.pl  <https://orcid.org/0000-0001-9322-4692>

Analiza i ocena procesu produkcyjnego z wykorzystaniem wybranego narzędzia Lean Management

Wprowadzenie

Konkurencyjność przedsiębiorstwa produkcyjnego zależy w głównej mierze od współczesnych uwarunkowań globalnej gospodarki. Ciągłe zmiany w otoczeniu oraz ich dynamika niosą za sobą stałe doskonalenie jego funkcjonowania – odpowiedzią na zmiany w gospodarce na skalę globalną jest właśnie powstawanie nowych metod oraz koncepcji zarządzania. Tą, która zdaniem wielu naukowców oraz praktyków biznesowych przynosi największe efekty dla przedsiębiorstw, jest filozofia Lean Manufacturing, która bazuje na trzech podstawowych założeniach:

- oszczędnym zaangażowaniu zasobów,
- nieustannym eliminowaniu wszelkiego marnotrawstwa,
- ciągłym doskonaleniu (http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzzz/artyk_pdf_2015/T1/t1_0612.pdf).

Koncepcja zarządzania Lean Manufacturing, która odnosi się bezpośrednio do zarządzania procesami produkcyjnymi, definiowana jest w literaturze przedmiotu na szereg różnych sposobów, przy czym jej nazewnictwo stosuje się zamiennie, określając ją terminami Lean Management bądź Lean Production. Idea ta została spopularyzowana przez naukowców z Massachusetts Institute of Technology w Bostonie w 1990 roku przez publikację wyników badań dotyczących przyszłości branży automotive pt. „The Machine That Changed the World”, co w wolnym tłumaczeniu oznacza maszynę, która zmieniła świat. Natomiast sam termin Lean Manufacturing zaproponowany został w 1988 roku przez Johna Krafcika, który po raz pierwszy użył go jako określenie alternatywnego systemu dla produkcji masowej (Czyż-Gwiazda, 2015; Chruściel, 2022; Krafcik, 1988).

Termin „szczupła produkcja” jest używany ze względu na wykorzystanie mniejszej ilości zasobów do opracowania nowego wyrobu w krótszym czasie (Parkes, 2015).

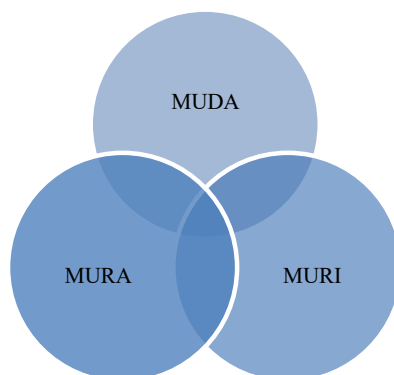
- Do podstawowych zasad Lean Manufacturing zalicza się:
- zdefiniowanie wartości dla klienta,
- określenie strumienia wartości dla każdego produktu,
- utworzenie swobodnego przepływu materiałów i surowców,
- wdrożenie systemu ssącego w relacji klient – dostawca,
- ciągłe dążenie do doskonałości (jap. *kaizen*) (https://mfiles.pl/pl/index.php/Lean_manufacturing).

Pierwszym, a zarazem najprostszym krokiem jest zastosowanie powyższych pięciu kroków w systemie produkcyjnym na poziomie jednego procesu, kolejnym natomiast jest ich wdrożenie na wszystkich szczeblach przedsiębiorstwa. Należy jednak mieć na uwadze, iż wprowadzenie zasad Lean Manufacturing nie kończy się na ich zastosowaniu w obrębie przedsiębiorstwa – ostatnim krokiem jest implementacja powyższych zasad w całym łańcuchu dostaw.

Jednym z wiodących pojęć występujących w Lean Manufacturing jest marnotrawstwo, które w myśl omawianej koncepcji oznacza każdą działalność ludzką, która angażuje zasoby, nie wnosząc żadnej wartości. Działania, które nie przynoszą wartości, zwłaszcza w odniesieniu do klienta, określane są w języku japońskim jako *muda*, co oznacza właśnie marnotrawstwo. Składa się na nie siedem następujących strat:

- nadprodukcja,
- zapasy,
- błędy oraz wady jakościowe,
- oczekiwanie,
- nadmierne przetwarzanie,
- zbędny transport,
- zbędny ruch.

Zastosowanie japońskiej koncepcji Lean Manufacturing przyczynia się do sytuacji, w której właściwe elementy znajdują się we właściwym czasie na właściwym miejscu. Nieefektywne działania występujące w przedsiębiorstwie definiowane są jako model 3M przedstawiony na Rysunku 1 (Womack, Jones, 2008).



Rysunek 1. Zależność między elementami modelu 3M

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Baskiewicz, Ożóg, 2017).

Przez pojęcie *muri* rozumie się zagrożenia mogące potencjalnie powodować nieefektywność wdrażania koncepcji Lean Manufacturing, jak np. nadmierne obciążenia pracowników, maszyn czy też procesów, które w efekcie prowadzą do przemęczenia personelu danego przedsiębiorstwa. *Muri* objawia się najczęściej przez wzmogoną awaryjność parku maszynowego czy też absencją pracowniczą. Aby przeciwdziałać występowaniu tego zjawiska, należy kłaść nacisk na bezpieczeństwo wszystkich procesów, jakie zachodzą w przedsiębiorstwie, jak i na wdrażanie standaryzacji pracy (http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2015/T1/t1_0612.pdf). Trzecim ogniwem powyższego schematu zależności jest *mura*, która oznacza niezgodność oraz nieregularność w działaniu. Jeśli „objaw” ten występuje w przedsiębiorstwie, wówczas istnieje wysokie prawdopodobieństwo powstania nadmiernego obciążenia zasobów – czyli *muri*, a co za tym idzie – również *mudy*. Oczywiście zidentyfikowano działania, które pozwalają przeciwdziałać zjawisku *mura*. Są nimi:

- właściwe zarządzanie łańcuchem dostaw,
- wprowadzenie zmian do projektu produktu,
- stworzenie standardów pracy dla wszystkich pracowników.

Wszystkie trzy elementy modelu zależności między *mudą*, *murą* i *muri* występują w ścisłej synergii, dlatego też najbardziej efektywnym działaniem jest zapobieganie wszystkim trzem zjawiskom, a nie – jak to ma w zwyczaju większość wdrażających narzędzia Lean Manufacturing przedsiębiorstw – skupianie się wyłącznie na części *muda* (http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2015/T1/t1_0612.pdf).

Nie istnieje stały katalog bądź też klasyfikacja narzędzi, które są wykorzystywane w koncepcji Lean Management, jednak w oparciu o literaturę przedmiotu dokonano podziału na kategorie, które przedstawia Tabela nr 1.

Tabela 1. Klasyfikacja narzędzi Lean Management

KATEGORIA	NARZĘDZIA LEAN MANAGEMENT
DOSKONALENIE	<ul style="list-style-type: none"> • ciągłe doskonalenie (<i>Continuous Improvement</i>); • 5S; • Kaizen; • standaryzacja (<i>Standards</i>); • metoda 5 why; • inżynieria wartości (<i>Value Engineering</i>) oraz analiza wartości (<i>Value Analysis</i>); • TPM: kompleksowe utrzymanie ruchu (<i>Total Productive Maintenance</i>); • OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>); • Reengineering; • Kaikaku.
PRODUKCJA	<ul style="list-style-type: none"> • Kanban; • wielkość partii (<i>Batch Sizing</i>); • SMED (<i>Single Minute Exchange of Dies</i>); • sekwencjonowanie produkcji (<i>Mixed Model Production</i>) jako element Heijunka; • Heijunka – poziomowanie produkcji (<i>Demand Smoothing</i>); • technologia obróbki grupowej (<i>Group Technology</i>); • gniazda potokowe (<i>Cellular Manufacturing</i>); • wizualizacja i sygnały dźwiękowe (<i>Vizual and Audio Management</i>); • punkt kontroli produkcji (<i>Point of Production Control</i>); • wąskie przekroje (<i>Bottlenecks</i>).
JAKOŚĆ	<ul style="list-style-type: none"> • Model Kano (<i>Kano Model</i>); • Jidoka; • Poka-yoke; • statystyczna kontrola produkcji na małych próbach (<i>Short Run SPC</i>); • Six Sigma; • kontrola poprzedzająca (<i>Precontrol</i>).
ZAOPATRZENIE I DYSTRYBUCJA	<ul style="list-style-type: none"> • partnerstwo dostawców (<i>Supplier Partnership</i>); • stowarzyszenia dostawców (<i>Supplier Associations</i>); • integracja dostaw (<i>Integrated Supply</i>).
LUDZIE	<ul style="list-style-type: none"> • otwarta księga (<i>Open Book Management</i>); • zarządzanie zmianami (<i>Change Management</i>).

ANALIZA SYSTEMU I MAPOWANIE	<ul style="list-style-type: none"> • takt (<i>Takt Time</i>); • dynamika systemów (<i>System Dynamics</i>); • analiza udziału produktu (<i>Product Contribution Analysis</i>); • mapowanie marnotrawstwa (<i>Muda Map</i>); • mapowanie strumienia wartości (<i>Value Stream Mapping</i>); • analiza systemów miękkich (<i>Soft Systems Analysis</i>).
ROZWÓJ WYRO- BU I WPROWA- DZANIE GO NA RYNEK	<ul style="list-style-type: none"> • inżynieria współbieżna (<i>Concurrent Engineering, Simultaneous Engineering</i>); • kastumizacja wyrobu (<i>Mass Customization</i>); • projektowanie modułowe (<i>Modularity</i>); • projektowanie dla wytwarzania (<i>Design for Manufacturing</i>); • rozwinięcie funkcji jakościowych (<i>Quality Function Deployment</i>); • TRIZ (<i>The theory of inventor's problem solving</i>).

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Baskiewicz, Ożóg, 2017).

Celem niniejszej pracy jest ocena wpływu wybranego narzędzia Lean Management w obszarze produkcji przedsiębiorstwa produkcyjnego. Dlatego poddano analizie wdrożenie metody 5S w obszarze frezowania CNC (sterowanie numeryczne) w przedsiębiorstwie produkcyjnym specjalizującym się w obróbce metali kolorowych – głównie miedzi i aluminium – dla przemysłów: elektroenergetycznego, telekomunikacyjnego oraz lotniczego. Analiza ta miała na celu identyfikację oraz ocenę korzyści, jakie niesie za sobą implementacja wzmiankowanego narzędzia (Baskiewicz, Ożóg, 2017; Jakubowski i in., 2017; Pawłowski i in., 2010; Antosz i in., 2013).

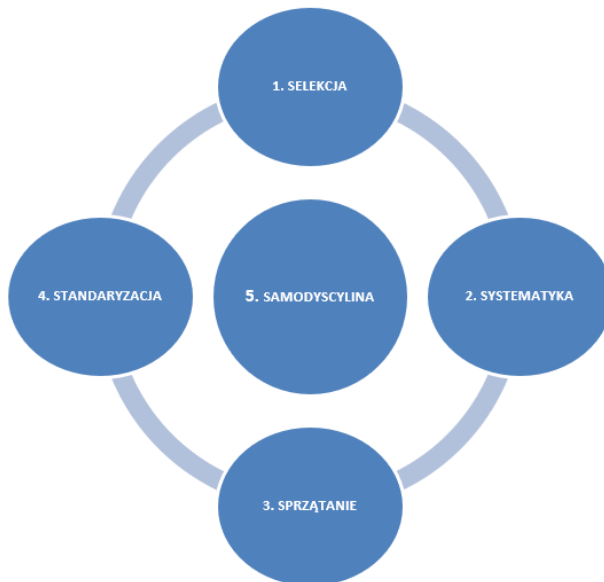
Metoda 5S jest efektem wieloletnich praktyk i doświadczeń wiodących przedsiębiorstw japońskich, jej celem jest podnoszenie jakości, wydajności, usprawnienie pracy i zarządzania, które mogą skutkować rozwiązaniem wielu problemów organizacji pracy. 5S oznacza „dbałość o porządek, skrzętne gospodarowanie”, co często w praktyce jest mylone ze sprzątaniem – gdy w rzeczywistości wdrożenie 5S jest jedną z najważniejszych składowych dobrego zarządzania organizacją (Gobelak, Ulewicz, 2018). Metoda ta ma bezpośredni wpływ na ulepszenie pracy, zapewnienie dobrej jakości produktów, niższe koszty wytwarzania oraz bezpieczeństwo. W metodzie 5S kładzie się nacisk na organizację miejsca pracy w taki sposób, aby uzyskać poprawę komfortu pracy, produktywności oraz wyeliminowanie marnotrawstwa przez zastosowanie pięciu kolejnych kroków:

- selekcja (jap. *seiri*, ang. *sort/separate*) – polega na sortowaniu wszystkich narzędzi i przedmiotów, które znajdują się na stanowisku pracy – należy na nim pozostawić tylko te, które są niezbędne w wykonywaniu codziennej pracy, pozostałe usunąć, aby nie utrudniały wykonywania zadań;

- systematyka (jap. *seiton*, ang. *set in order/straighten*) – polega na odpowiednim ułożeniu wszystkich przedmiotów na stanowisku pracy oraz stworzeniu i opisanu dla nich miejsc odkładczych;
- sprzątanie (jap. *seiso*, ang. *sweep/shine/scrub*) – polega na uporządkowaniu stanowiska pracy, czyszczeniu oraz usunięciu ewentualnych usterek technicznych;
- standaryzacja (jap. *seiketsu*, ang. *standarize*) – utrzymywanie uzyskanych efektów;
- samodyscyplina (jap. *shitsuke*, ang. *sustain/self-discipline*) – ściśle powiązana z filozofią kaizen, na tym etapie zaleca się szukać wciąż lepszych i nowych pomysłów (Campos, 2013; Grycuk, 2016; Janiczak, 2019; Jakubowski i in., 2017; Kadarova, Demecko, 2016; <https://smartlean.pl/5S>).

Niektóre organizacje uzupełniają 5S o dodatkowy szósty krok – bezpieczeństwo i higienę pracy (ang. *safety*), jednak w literaturze można spotkać się z opiniami, że BHP jest elementem wszystkich pięciu kroków i wprowadzanie go jako oddzielnego kroku nie jest potrzebne (Żebrucki, Kruczek, 2018; Jasińska i in., 2015).

Należy mieć na uwadze, że jednym z najważniejszych warunków wdrożenia oraz utrzymania niniejszego narzędzia jest zaangażowanie najwyższego kierownictwa, następnie zaś szkolenia pracowników oraz uświadamianie im, że we wprowadzanych zmianach na stanowiskach pracy decydujące zdanie mają osoby, które na nich pracują, a potem łatwy dostęp do materiałów i informacji o 5S oraz stałe komunikowanie o korzyściach, jakie z tej metody płyną (Teich, Faddoul, 2013; Shaturaev, Bekimbetova, 2021; Sato, 1995; Eaton, 2013).



Rysunek 2. Pięć filarów metody 5S

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Campos, 2013).

Wykorzystanie wybranego narzędzia Lean Management – 5S – w procesie frezowania numerycznego

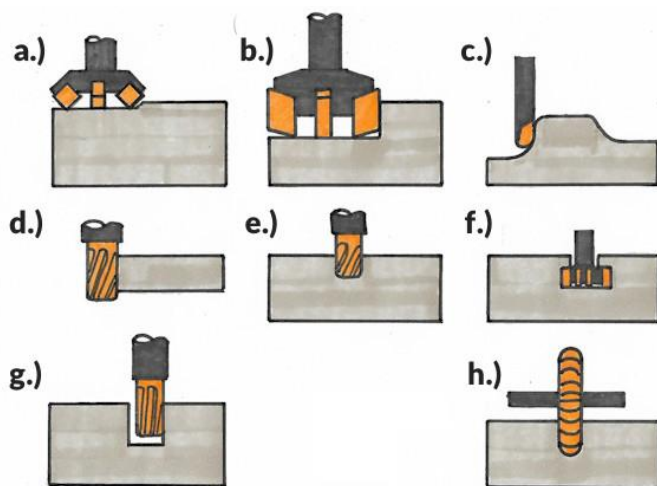
Frezowanie CNC, czyli sterowane numerycznie, jest procesem obróbki skrawaniem, która kształtuje dany półfabrykat poprzez stopniowe usuwanie nadmiaru materiału z przedmiotu obrabianego w celu uzyskania wymaganych wymiarów, kształtów oraz właściwości powierzchni (<https://www.ebmia.pl/wiedza/porady/obrobka-porady/cnc-frezowanie/>).

Sięgając do literatury, można znaleźć wiele informacji o obróbce frezowaniem jako metodzie obróbki skrawaniem. Obecnie ta technologia sprawdza się jako alternatywna metoda obróbki otworów, gwintów, kieszeni oraz powierzchni, które wcześniej wymagały zastosowania operacji toczenia, wiercenia czy gwintowania (Kornicki, Kubik, 2008).

Frezowanie jest jednym z rodzajów obróbki ubytkowej, w którym stosuje się narzędzia wielostrzowe zwane frezami. Technologia wykorzystywana jest do obróbki:

- płaszczyzn,
- rowków,
- gwintów,
- kół zębatych,
- powierzchni kształtowych.

Poniższa ilustracja przedstawia wybrane podstawowe rodzaje frezowania:



Rysunek 3. Rodzaje frezowania

Źródło: <http://www.frezowanie-cnc.eu/> (01.10.2022).

a) frezowanie czołowe,

- b) frezowanie walcowo-czołowe,
- c) frezowanie profilowe,
- d) frezowanie walcowe,
- e) frezowanie rowka frezem palcowym,
- f) frezowanie rowków T-owych,
- g) frezowanie otworu,
- h) frezowanie kształtowe.

Po uprzednim doborze odpowiednich narzędzi umożliwiających obróbkę, technologię frezowania można zastosować do bardzo szerokiego spektrum materiałów:

- metale żelazne: stal, żeliwo, etc.,
- metale kolorowe: miedź, mosiądz, aluminium, etc.,
- styrodur,
- grafit,
- PCV, plexi, Corian,
- tworzywa gumopodobne,
- folie,
- tektury,
- lite drewno,
- MDF, HDF, sklejka, płyty laminowane i inne płyty drewnopochodne,
- inne (<http://www.frezowanie-cnc.eu/> (01.10.2022)).

Sygnalizowana technologia frezowania CNC jest analizowanym procesem w przedsiębiorstwie produkcyjnym, które specjalizuje się w obróbce metali kolorowych – głównie miedzi oraz aluminium, w którego obszarze dokonano analizy wdrożenia metody 5S jako narzędzia koncepcji zarządzania Lean Management.

Obszar frezowania w omawianym przedsiębiorstwie jest jednym z najbardziej obciążonych gniazd produkcyjnych spośród wszystkich, jakimi ono dysponuje – dlatego też zdecydowano się wdrożyć w niniejszym obszarze metodę 5S. Umożliwi ona standaryzację oraz wymusi samodyscyplinę operatorów maszyn w celu utrzymania porządku oraz nabycia świadomości, gdzie dane narzędzie się znajduje. To zdecydowanie przełoży się na zminimalizowanie czasu, jaki operator musi poświęcić na przebrojenie maszyny, a także, co najważniejsze – porządek na stanowiskach pracy sprawi, że staną się one bardziej ergonomiczne i przede wszystkim bezpieczniejsze. Opracowany w dalszej części tzw. *Action Plan* dla niniejszego przedsięwzięcia zakłada następujące etapy prac:

1. Wprowadzenie:

- wybór członków projektu,
- utworzenie folderu na serwerze przedsiębiorstwa, gdzie będzie przechowywana wszelka dokumentacja związana z projektem,
- ocena stanu bieżącego, dokumentacja w postaci zdjęć i filmów oraz zebranie uwag od operatorów maszyn – wstępna inspekcja obszaru,

- przygotowanie tzw. „czerwonych kartek”,
 - wyznaczenie strefy „czerwonych kartek”,
 - przygotowanie pojemnika do segregacji,
 - przeszkolenie operatorów obszaru z metody 5S,
 - przygotowanie niezbędnych narzędzi do pracy – taśm, środków czystości, środków BHP, tablic cieni, etc.,
 - przygotowanie planu z propozycją terminu wykonania kroków 5S oraz zapotrzebowania czasowego z zadaniami dla operatorów,
 - ustalenie i zatwierdzenie działań z kierownikiem produkcji.
2. Sortowanie (1S) – selekcja i eliminacja zbędnych przedmiotów/narzędzi oraz wyłączenie ich z obszaru funkcjonowania:
- selekcja oprzyrządowania/narzędzi – oznaczenie „czerwonymi kartkami” oraz umieszczenie ich w osobnym pojemniku (zużyte narzędzia, nieużywany sprzęt, etc.),
 - usunięcie niepotrzebnych pojemników ze stołu roboczego oraz stanowisk przy maszynach,
 - usunięcie z obszaru zbędnej dokumentacji,
 - usunięcie z obszaru niepotrzebnych preparatów chemicznych (oleje, smary, odłuszczacze, etc.),
 - opróżnienie szafek przy stanowiskach.
3. Systematyzacja (2S) – wyznaczenie miejsc narzędzi oraz jasne oznakowanie każdego z nich:
- wizualizacja stanowisk oraz miejsc odkładczych na narzędzia – oznaczenie półek oraz podpisanie narzędzi (z wykorzystaniem etykiet/naklejek), oznaczenie kolorami oraz strzałkami zgodnie ze stworzonym wewnątrz organizacji standardem 5S,
 - wyznaczenie miejsca na odpady oraz jego oznaczenie,
 - wyznaczenie miejsc na środki konserwujące i środki BHP oraz jego oznaczenie,
 - wyznaczenie miejsca do przechowywania dokumentacji (instrukcji, norm, etc.).
4. Sprzątanie (3S) – uporządkowanie stanowisk pracy:
- posprzątanie oraz czyszczenie stanowisk pracy,
 - usunięcie usterek technicznych oraz określenie przeciwdziałań,
 - przygotowanie oraz oznaczenie „kącika czystości”.
5. Standaryzacja (4S):
- wybór osób odpowiedzialnych za utrzymanie porządku w obszarze frezowania CNC oraz ustalenie harmonogramu sprzątnia,
 - określenie standardów utrzymania porządku,
 - poprawa wizualizacji,
 - ustalenie nowych ulepszeń.

6. Samodyscyplina (5S):

- opracowanie harmonogramu audytów,
- ustalenie nowych ulepszeń i pomysłów.

7. Zamknięcie projektu i podsumowanie:

- przygotowanie podsumowania oraz raportu,
- komplektacja dokumentacji w folderze na serwerze przedsiębiorstwa, gdzie przechowywana jest wszelka dokumentacja związana z projektem,
- dyskusja na temat problemów oraz propozycje zmian w prowadzeniu projektu na przyszłość.

Tabela 2. Fragment arkusza *Action Plan* dla wdrożenia metody 5S

ETAP PROJEKTU	ZADANIE	OSOBA ODPOWIEDZIALNA
WPROWADZENIE	Wybór członków projektu (liderzy produkcji, technolog, operatorzy).	INŻYNIER PROCESU
	Utworzenie folderu projektu w na serwerze przedsiębiorstwa, gdzie będzie przechowywana wszelka dokumentacja związana z projektem.	INŻYNIER PROCESU
	Ocena stanu bieżącego - wykonanie zdjęć i filmów obszaru "przed", zebranie uwag od operatorów, wstępna inspekcja obszaru.	TECHNOLOG, INŻYNIER PROCESU
	Przygotowanie "czerwonych kartek", wyznaczenie strefy "czerwonych kartek" oraz przygotowanie pojemnika do segregacji.	TECHNOLOG
	Przeszkolenie operatorów obszaru z metody 5S.	INŻYNIER PROCESU
	Przygotowanie niezbędnych narzędzi do pracy - taśmy, środki czystości, środki BHP, tablice cieni, etc.	INŻYNIER PROCESU, TECHNOLOG
	Przygotowanie planu z propozycją terminu wykonania kroków 5S oraz zapotrzebowania czasowego z rozpiską zadań dla operatorów. Ustalenie i zatwierdzenie z Kierownikiem Produkcji.	INŻYNIER PROCESU
1S. SORTOWANIE SELEKCJA I ELIMINACJA	Eliminacja zbędnych przedmiotów/narzędzi - wyłączenie obszaru z funkcjonowania.	OPERATOR, TECHNOLOG
	Selekcja oprzyrządowania/narzędzi - umieszczenie narzędzi niepotrzebnych w osobnym pojemniku oraz oznaczenie ich czerwonymi kartkami. (zużyte narzędzia, nieużywany sprzęt, inne).	OPERATOR, TECHNOLOG
	Usunięcie niepotrzebnych pojemników ze stołu oraz stanowisk przy maszynach.	OPERATOR, TECHNOLOG
	Usunięcie zbędnej dokumentacji.	OPERATOR, TECHNOLOG
	Usunięcie niepotrzebnych preparatów (smary, oleje, odtłuszczacze itp.).	OPERATOR, TECHNOLOG
	Opróżnienie szafek przy stanowiskach.	OPERATOR, TECHNOLOG
2S. SYSTEMATYZACJA USTALENIE MIEJSC DLA PRZEDMIOTÓW	Wyznaczenie miejsc narzędzi, jasne i czytelne oznakowanie każdego miejsca - wizualizacja.	TECHNOLOG, LIDER PRODUKCJI, OPERATOR
	Wizualizacja stanowisk oraz miejsc na narzędzia. Oznaczenie półek oraz podpisanie narzędzi i obszarów (etykiety/naklejki, linie, tabliczki, etykiety, pola odkadłce) - oznaczenie kolorami, strzałkami według standardu 5S.	TECHNOLOG, LIDER PRODUKCJI, OPERATOR
	Wyznaczenie miejsca na odpady oraz ich oznaczenie zgodnie ze standardem 5S.	TECHNOLOG, LIDER PRODUKCJI, OPERATOR
	Wyznaczenie miejsc na środki konserwujące oraz środki BHP oraz ich oznaczenie zgodnie ze standardem 5S.	TECHNOLOG, LIDER PRODUKCJI, OPERATOR
	Wyznaczenie miejsca na dokumentację (instrukcje, normy etc.).	TECHNOLOG, LIDER PRODUKCJI, OPERATOR
3S. SPRZĄTANIE ZNALEZIENIE PROBLEMÓW POPRAZ SPRZĄTANIE	Uporządkowanie stanowiska pracy, czyszczenie, usunięcie usterek technicznych - określenie przeciwdziałań.	DZIAŁ UTRZYMANIA RUCHU, OPERATOR
	Kącik czystości - przygotowanie oraz oznaczenie.	TECHNOLOG
4S. STANDARYZACJA (SPRZĄTANIA)	Wybór osób odpowiedzialnych za utrzymanie obszaru, określenie standardów utrzymania porządku.	INŻYNIER PROCESU
	Poprawa wizualizacji.	INŻYNIER PROCESU, TECHNOLOG
	Ustalenie nowych ulepszeń oraz pomysłów.	INŻYNIER PROCESU, TECHNOLOG
5S. SAMODYSZYPLINA	Opracowanie harmonogramu audytów.	INŻYNIER PROCESU
	Ustalenie nowych ulepszeń oraz pomysłów.	INŻYNIER PROCESU
ZAMKNIĘCIE PROJEKTU PODSUMOWANIE	Zamknięcie projektu. Przygotowanie podsumowania oraz raportu, komplektacja dokumentacji w folderze projektu w na serwerze przedsiębiorstwa, gdzie jest przechowywana wszelka dokumentacja związana z projektem.	INŻYNIER PROCESU
	Dyskusja na temat problemów i propozycji zmian w prowadzeniu projektu na przyszłość.	INŻYNIER PROCESU

Źródło: opracowanie własne.

Osobami w organizacji, gdzie podjęto się wdrożenia narzędzia 5S, bezpośrednio zaangażowanymi w projekt są: inżynier procesu, technolog, lider obszaru produkcji oraz pracownicy, który wykonują swoją pracę w omawianym obszarze (Antosz i in., 2013; Mucha, Nowosielski, 2018; Dołżyńska i in., 2021).

Pierwszy etap wdrożenia narzędzia 5S w obszarze produkcyjnym obejmuje głównie działania organizacyjne, takie jak wybór członków projektu, zaopatrzenie się w niezbędne narzędzia pracy, ocena stanu faktycznego przed rozpoczęciem prac, szkolenia w celu podniesienia świadomości pracowników czy też przeprowadzenie uzgodnień z wyższym kierownictwem. Ostatnia z wymienionych czynności jest niezwykle istotna, gdyż aby móc mówić o dalszym powodzeniu projektu, konieczne jest zaangażowanie w przedsięwzięcie pracowników organizacji na wszystkich szczeblach, również wyższego i najwyższego kierownictwa.

Warto nadmienić, że czynny udział we wdrożeniu narzędzia 5S powinni brać operatorzy maszyn, których miejscem pracy jest dany obszar – ponieważ to narzędzie ma za zadanie służyć przede wszystkim im, aby wykonywana przez nich praca była możliwie najbardziej efektywna, jej warunki ergonomiczne i przede wszystkim bezpieczne.

Drugi etap wdrożenia niniejszego narzędzia, czyli sortowanie, jest zarazem pierwszym krokiem metody 5S, czyli „selekcja i eliminacja zbędnych przedmiotów/narzędzi oraz wyłączenie ich z obszaru funkcjonowania”. Krok ten dotyczy weryfikacji każdego przedmiotu, jaki znajduje się w określonym obszarze tak, aby maksymalnie zredukować wyposażenie stanowisk do niezbędnego minimum. Zazwyczaj w tym celu wykorzystuje się tzw. „czerwone kartki” oraz wydzielą się „czerwoną strefę”. To nic innego jak metoda wykorzystywana w selekcji oprzyrządowania, narzędzi, dokumentacji, środków chemicznych oraz wszelkich innych przedmiotów, które znajdują się w danym obszarze – w tym przypadku w obszarze hali produkcyjnej, gdzie usytuowane są frezarki wykorzystywane w procesach produkcyjnych zachodzących w przedsiębiorstwie. Przykład „czerwonej kartki” przedstawiony jest na Rysunku 3 (Bukowska-Piestrzyńska, 2019).

CZERWONA ETYKIETA			
Przedmiot:		Data wypełnienia karty:	Data usunięcia przedmiotu:
Kategoria (zaznaczyć właściwe)			
<input type="checkbox"/> dokumenty, papiery		<input type="checkbox"/> wyposażenie/sprzęt	
<input type="checkbox"/> procedury		<input type="checkbox"/> przybory biurowe	
<input type="checkbox"/> inne			
Decyzja (zaznaczyć właściwe)			
<input type="checkbox"/> sprzedać	Kto?	<input type="checkbox"/> wyznaczyć odpowiednie miejsce	Kto?
<input type="checkbox"/> wyrzucić	Kto?		
<input type="checkbox"/> inne			
Podpiszycielny:			
<small>Uwaga: Decyzję odnośnie przedmiotu należy podjąć w ciągu dwóch tygodni od daty wypełnienia etykiety!</small>			

Rysunek 3. Przykład „czerwonej kartki”

Źródło: <https://lean.org.pl/5s-na-produkcji-i-w-biurze/>

Wykorzystanie powyższej metody polega na opisanie każdego przedmiotu, który uznano za zbędny w danym obszarze, z wykorzystaniem „czerwonej kartki” oraz odłożenie takowego do „czerwonej strefy”, w której wszystkie zebrane i opisane przedmioty odkłada się do pewnego rodzaju buforu. Później przekazuje się je do przechowania w innym wyznaczonym do tego miejscu lub wyrzucenia, sprzedania bądź archiwizacji. Przykładową „czerwoną strefę” przedstawia Rysunek 4. Przedmioty umieszczone tymczasowo w „czerwonej strefie” można z powrotem zabrać, jeśli dogłębna analiza wykaże ich przydatność do pracy.



Rysunek 4. Przykład „czerwonej strefy”

Źródło: <https://www.wikiwand.com/pl/5S>

Następnym krokiem jest systematyzacja (2S), czyli wszelkie działania przewidziane w harmonogramie prac mające na celu wyznaczenie miejsc narzędzi oraz jasne oznakowanie każdego miejsca w obszarze. Głównymi zadaniami na tym etapie są: wizualizacja stanowisk oraz miejsc odkładczych na narzędzia, oznaczenie półek, opisanie każdego z narzędzi, wyznaczenie miejsc na odpady, środki konserwujące, środki BHP czy też miejsc przechowywania dokumentacji.

Głównymi technikami zarządzania wizualnego, które wykorzystuje się na tym etapie, są:

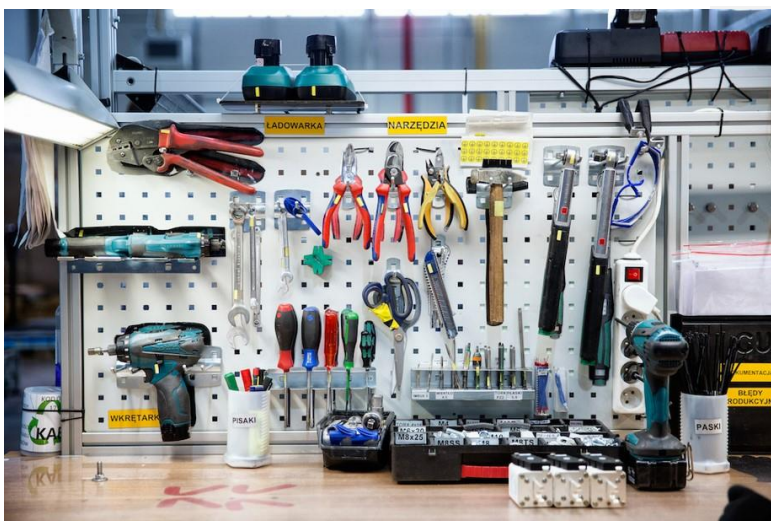
- jasno określone obszary składowania (linie, tabliczki, etykiety, pola odkładcze),
- oznaczanie kolorami i strzałkami,
- oznaczenie poziomów maksymalnych i minimalnych,
- tablice cieni (ang. *shadowboards*).

Powyższe rozwiązania pozwalają w sposób szybki i czytelny przedstawić sposób pracy, status wykonywanych działań czy też przeprowadzić kontrolę stanu i wyposażenia stanowisk bez konieczności zadawania pytań (<https://www.leanidea.pl/pl/narzedzia/5s>).



Rysunek 5. Przykład tablicy cieni dla narzędzi

Źródło: <https://www.leanidea.pl/pl/narzedzia/5s>



Rysunek 6. Przykład tablicy cieni dla narzędzi

Źródło: <https://www.leanidea.pl/pl/narzedzia/5s>



Rysunek 7. Przykład wydzielenia miejsc stref oraz miejsc odkładczych

Źródło: <https://lean.org.pl/5s-na-produkcji-i-w-biurze/>



Rysunek 8. Przykładowe oznaczenie powierzchni hali produkcyjnej

Źródło: <https://www.leanidea.pl/pl/narzedzia/5s>

Czwartym etapem zgodnie z harmonogramem jest sprzątnięcie (3S). Uwzględnia ono uprzątnięcie oraz czyszczenie stanowisk pracy, usunięcie usterek technicznych oraz wydzielenie miejsca, wyposażenie oraz oznaczenie tzw. „kącika czystości”.

Czyste i bezpieczne stanowisko pracy przekłada się zarówno na bezpieczeństwo pracowników, jak i wyrobów – do czego nawiązuje pojęcie FOD (ang. *Foreign Object Damage*), które scharakteryzowano w dalszej części niniejszej pracy. Wszystkie trzy zadania, które obejmuje niniejszy krok, mają na celu zrozumienie przez pracowników, że utrzymanie czystości narzędzi, sprzętu oraz miejsca pracy to czynność systematyczna i powtarzalna oraz że nie może odbywać się jedynie w oczekiwaniu na wizytację lub kontrolę (Kornicki, Kubik, 2008; Krafcik, 1988; Lizak, 2019; Pawłowski i in., 2010).

Kącik czystości to nic innego jak wydzielone stanowisko, w którym znajdują się narzędzia służące do sprzątnięcia danego obszaru.

Piątym etapem jest standaryzacja (4S). Należy w nim zrealizować zadania mające na celu wybór osób odpowiedzialnych za utrzymanie porządku w obszarze frezowania CNC oraz określenie standardów utrzymania porządku, a także poprawę wizualizacji stworzonych w trakcie prac w ramach 2S – systematyzacji.

W ramach tego kroku należy ustalić harmonogram uwzględniający, kto i w jaki sposób będzie dokonywał przeglądów oraz utrzymywał w czystości zarówno stanowisko, jak i narzędzia oraz sprzęt.

Pierwsze sprzątnięcie w ramach wdrożenia metody 5S trwa najdłużej, następnie jest to już utrzymanie czystości. Optymalne jest wdrożenie w przedsiębiorstwie stałej zasady, że ostatnie 5–10 minut pracy (codziennie, na każdym stanowisku) poświęcone jest na uprzątnięcie stanowiska (także na liniach produkcyjnych) (<https://www.leanidea.pl/pl/narzedzia/5s>).

Ostatni krok metody 5S, a zarazem przedostatni względem harmonogramu prac w projekcie, czyli samodyscyplina, zakłada głównie opracowanie harmonogramu audytów, których zadaniem jest sprawdzanie, czy pracownicy stosują się do opracowanych w poprzednim kroku standardów. Systematyczność oraz działanie zgodne z harmonogramem oraz kartą audytową pozwala na natychmiastową identyfikację błędów oraz wskazanie niezbędnych zadań w celu ich eliminacji (<https://www.leanidea.pl/pl/narzedzia/5s>).

Etap zakończenia prac obejmuje natomiast przygotowanie podsumowania oraz raportu z prac oraz postępów poczynionych w projekcie wdrożenia metody 5S w obszarze frezowania CNC w przedsiębiorstwie produkcyjnym, kompletację wszelkiej dokumentacji związanej z projektem oraz umieszczenie jej we właściwym miejscu na serwerze przedsiębiorstwa, aby w każdej chwili możliwe było skorzystanie z niej, a także dyskusję interesariuszy projektu na temat problemów oraz propozycji zmian w prowadzeniu przedsięwzięć tego typu w przyszłości.

Dodatkowo dokonano również analizy wykorzystania sygnalizowanej wcześniej metody FOD w celu zapobieżenia uszkodzeniom ciałem obcym. FOD (ang. *Foreign Object Damage*) to każdy rodzaj zanieczyszczenia bądź zagrożenia bezpieczeństwa wyrobu spowodowanego ciałem obcym FO (ang. *Foreign Object*). Jest nim

jakiegokolwiek przedmiot, który niezależnie od składu i początkowego celu nie znajduje się w przewidzianym dla niego miejscu i może stać się przyczyną uszkodzenia wyrobu (<https://www.fodcontrol.com/what-is-fod/>).

Podstawowe zasady metody FOD zostały oparte na doskonaleniu organizacji pracy przy zastosowaniu kontroli wizualnych oraz narzędzi 5S i skutkują pozytywnym wpływem na zapobieganie FOD oraz na bezpieczeństwo i higienę pracy. Czysty i uporządkowany obszar pracy jest najbardziej efektywnym wskaźnikiem prewencji, dlatego też należy motywować i uczyć pracowników, aby utrzymywali swoje stanowiska pracy w porządku, a w przypadku zauważenia, że jakiś przedmiot upadł bądź nie znajduje się na swoim miejscu, zareagowali, aby dany przedmiot nie stał się tzw. FOD-em (<https://www.fodcontrol.com/what-is-fod/>).

Niniejsza koncepcja zrodziła się po raz pierwszy w przemyśle lotniczym, gdzie uszkodzenia spowodowane przez ciała obce mogą być czynnikiem bezpieczeństwa wpływającym na ludzkie życie. Takie właśnie założenie przyświeca wprowadzeniu kontroli w celu zarządzania niechcianymi obiektami, które mogłyby uszkodzić produkty, co mogłoby rozprzestrzenić się na duży obszar produkcji. Obecnie wdrożenie tej metody w obszarze produkcji jest jednym z obowiązkowych warunków, jakie należy spełnić w celu otrzymania certyfikacji *AS9100 rev D*. Jest to norma systemu zarządzania jakością opracowana przez Międzynarodową Grupę ds. Jakości w Lotnictwie (IAQG) oraz oparta na normie ISO 9001 z uzupełnieniem dla sektorów lotniczego, kosmicznego, jak i przemysłu obronnego. Każdy pracownik, który bierze udział w produkcji elementów dla ww. sektorów przemysłu, ponosi odpowiedzialność za dostarczanie bezpiecznych produktów wolnych od zanieczyszczeń ciałami obcymi. FOD może docelowo spowodować uszkodzenie, poważne obrażenia lub śmierć, co w efekcie może przynieść miliardowe straty w przypadku, gdy w 99% możliwe jest zapobieganie mu. Dlatego należy wprowadzić bezwzględny zakaz wnoszenia na obszar produkcji zbędnych rzeczy osobistych przez pracowników (Janiczak, 2019; <https://www.aerosweep.com/how-to-detect-fod-foreign-object-debris/>).

Technika kontroli FOD obejmuje następujące założenia:

- stosowanie procedur, które zapobiegają przedostawaniu się zanieczyszczeń w obszary produkcji detali,
- stosowanie rozwiązań, które uniemożliwiają pozostawienie narzędzi przez operatora w niewłaściwym miejscu,
- przygotowanie na miejscu pracy wyłącznie niezbędnych elementów wykorzystanych w kompletacji bądź montażu elementów – na przykład jeśli dana konstrukcja bądź element wymaga wykorzystania dziesięciu śrub, należy zabrać na stanowisko montażowe tylko dziesięć. To rozwiązanie umożliwia także szybką weryfikację w momencie, gdy po skończonym montażu jedna z nich pozostała niezainstalowana – jest to ewidentny sygnał, że zostały one błędnie zamontowane. Wprowadzenie środków zaradczych jest możliwe na samym początku błędów w procesie,

- inspekcje uszkodzeń powstałych w elementach w celu identyfikacji przedmiotu, przez które zostały one spowodowane (czyli identyfikacji FO),
- wprowadzenie procedur bezpiecznego usuwania uszkodzeń powstałych w trakcie inspekcji,
- stosowanie tablic cieni, które pokazują, jakie narzędzia bądź sprzęt są używane do realizacji poszczególnych zadań i operacji,
- stosowanie odzieży roboczej, która zapobiega rozdzieraniu się, czego efektem jest zapobieganie pozostawieniu rozdartego materiału jako FO (Janiczak, 2019).

Przestrzeganie założeń metody FOD wpływa na:

- bezpieczeństwo wyrobu,
- obniżenie kosztów jakości,
- obniżenie kosztów związanych z reklamacjami.

Zgodnie założeniami metody FOD pracownicy, którzy pracują na stanowiskach pracy w obszarze frezowania CNC, powinni być uświadamiani oraz motywowani w celu przestrzegania przepisów. Jako że omawiany system w dużej mierze opiera się na koncepcji 5S, należy zastosować dodatkowe działania prewencyjne, takie jak:

- analiza obowiązujących procedur, które mają zastosowanie w danym obszarze, pod kątem dostawania się zbędnych przedmiotów w obszar produkcji,
- analiza uszkodzeń, które już powstały w komponentach, w celu identyfikacji FO, czyli przedmiotu, który je spowodował,
- wdrożenie procedur bezpiecznego usuwania uszkodzeń, które powstały w trakcie kontaktu z FO,
- wyposażenie pracowników w odzież roboczą, która zapobiega rozdzieraniu się, czego efektem jest zapobieganie pozostawieniu rozdartego materiału jako FO.

Podsumowanie

W niniejszej pracy przybliżono Lean Management jako koncepcję zarządzania oraz dokonano oceny wpływu wybranego narzędzia po jego wdrożeniu w obszarze produkcji przedsiębiorstwa produkcyjnego. W tym celu dokonano analizy wdrożenia metody 5S w obszarze frezowania CNC w przedsiębiorstwie produkcyjnym specjalizującym się w obróbce metali kolorowych – głównie miedzi i aluminium dla przemysłów: elektroenergetycznego, telekomunikacyjnego oraz lotniczego.

Dzięki przeprowadzonej analizie zidentyfikowano korzyści, które płyną z zastosowania metody 5S w obszarze produkcyjnym. Są to:

- utrzymywanie wyposażenia w gotowości do użycia,
- możliwość wykrycia uszkodzeń sprzętów, narzędzi czy też maszyn przed ich użyciem,
- zapobieganie awariom i przestojom,

- stworzenie najlepszego standardu danego stanowiska pracy,
- poprawa jakości procesu i produktu,
- obniżenie kosztów jakości,
- wysoka efektywność pracy,
- lepsza jakość wyrobów,
- większe bezpieczeństwo i ergonomia na stanowisku pracy,
- zadowolenie oraz zaangażowanie pracowników.

Bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo produktów ma także zastosowanie metody FOD, dzięki której podjęto następujące środki zaradcze:

- analiza obowiązujących procedur, które mają zastosowanie w danym obszarze pod kątem dostawiania się zbędnych przedmiotów w obszar produkcji,
- analiza uszkodzeń, które już powstały w komponentach, w celu identyfikacji FO, czyli przedmiotu, który je spowodował,
- wdrożenie procedur bezpiecznego usuwania uszkodzeń, które powstały w trakcie kontaktu z FO,
- wyposażenie pracowników w odzież roboczą, która zapobiega rozdzieraniu się, czego efektem jest zapobieganie pozostawieniu rozdartego materiału jako FO.

Abstrakt

Analiza i ocena procesu produkcyjnego z wykorzystaniem wybranego narzędzia Lean Management

Celem niniejszej pracy jest przybliżenie wybranych narzędzi Lean Management jako koncepcji zarządzania oraz ocena wpływu wybranego narzędzia w obszarze produkcji przedsiębiorstwa produkcyjnego. W tym celu poddano analizie wdrożenie metody 5S w obszarze frezowania CNC (sterowanie numeryczne) w przedsiębiorstwie produkcyjnym specjalizującym się w obróbce metali kolorowych – głównie miedzi i aluminium dla przemysłów: elektroenergetycznego, telekomunikacyjnego oraz lotniczego. Analiza ta miała na celu identyfikację oraz ocenę korzyści, jakie niesie za sobą implementacja wybranego narzędzia. Zastosowanie wybranych narzędzi Lean Management pozwala osiągnąć wyższą efektywność działania organizacji oraz wzrost bezpieczeństwa jej produktów.

Słowa kluczowe: koncepcja lean, metoda 5S, zarządzanie, obróbka metali kolorowych

Abstract

Analysis and evaluation of the production process using the selected Lean Management tool

The aim of this work is to present selected Lean Management tools as a management concept and to assess the impact of the selected tool in the production area of a manufacturing company. For this purpose, the implementation of the 5S method in the

area of CNC milling (numerical control) was analyzed in a production company specializing in the processing of non-ferrous metals—mainly copper and aluminum for the power, telecommunications and aviation industries. This analysis was aimed at identifying and assessing the benefits of implementing the selected tool. The use of selected Lean Management tools allows the organization to achieve higher efficiency and increase the safety of its products.

Keywords: lean conception, 5S metod, management, non-ferrous metal processing

References

- Antosz, K., Pacana, A., Stadnicka, D., Zielecki, W. (2013). *Narzędzia Lean Manufacturing*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej.
- Baskiewicz, N., Ożóg, T. (2017). Eliminacja luk kompetencyjnych jako podstawa kształtowania zespołów w organizacjach zarządzanych zgodnie z koncepcją lean management. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie/Politechnika Śląska*, 114, 37–49.
- Bukowska-Piastryńska, A. (2019). Koncepcja lean w usprawnianiu działań pracowników podmiotów leczniczych. *Studia i Prace. Kolegium Zarządzania i Finansów*, 167, 65–78.
- Campos, L.M.S. (2013). Lean Manufacturing and Six Sigma Based on Brazilian model PNQ. *International Journal of Lean Six Sigma*, 4(4), 355–369.
- Chruściel, P. (2022). Instrumenty Lean manufacturing i praktyki ich stosowania. *Management and Quality*, 4(3), 6–17.
- Czyż-Gwiazda, E. (2015). Koncepcja Lean Management w zarządzaniu organizacją. *Studia Ekonomiczne. Zarządzanie*, 3(233), 11–23.
- Dołżyńska, E., Hryniewicka, G., Snarska, S. (2021). Wdrożenie koncepcji Lean Manufacturing w przedsiębiorstwie produkcyjnym – studium przypadku przedsiębiorstwa SaMASZ. *Akademia Zarządzania*, 5(2), 104–117.
- Eaton, M. (2013). *The Lean Practitioner's Handbook*. Kogan Page.
- Grobelak, M., Ulewicz, R. (2018). Koncepcja Lean Management w sektorze bankowym. *Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Zarządzanie*, 29, 268–277.
- Grycuk, A. (2016). Bariery w stosowaniu koncepcji lean management. *Kwartalnik Nauk o Przedsiębiorstwie*, 40(3), 72–79.
- <http://www.frezowanie-cnc.eu/> (dostęp: 01.10.2022).
- http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2015/T1/t1_0612.pdf (dostęp: 10.09.2022).
- <https://lean.org.pl/5s-na-produkcji-i-w-biurze/> (dostęp: 01.10.2022).
- https://mfiles.pl/pl/index.php/Lean_manufacturing (dostęp: 10.09.2022).
- <https://procesztechnologiczny.com.pl/frezowanie-podstawy-podzial-definicje/> (dostęp: 01.10.2022).
- <https://smartlean.pl/5S> (dostęp: 05.10.2022).

- <https://www.aerosweep.com/how-to-detect-fod-foreign-object-debris/> (dostęp: 01.11.2022).
- <https://www.ebmia.pl/wiedza/porady/obrobka-porady/cnc-frezowanie/> (dostęp: 08.10.2022).
- <https://www.fodcontrol.com/what-is-fod/> (dostęp: 01.10.2022).
- <https://www.leanidea.pl/pl/narzedzia/5s> (dostęp: 01.10.2022).
- <https://www.wikiwand.com/pl/5S> (dostęp: 01.10.2022).
- Jakubowski, J., Woźniak, W., Stańkowska, M. (2017). Lean management – efektywne zarządzanie operacyjne w praktyce. *Prace Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania i Przedsiębiorczości w Wałbrzychu*, 40(1), 17–29.
- Janiczak, Z. (2019). *Analiza procesu produkcyjnego w przedsiębiorstwie ELECTRIS*. Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie.
- Jasińska, S., Żurek, M., Wyrwicka, M.K. (2015). Analiza efektywności wdrożenia Lean Manufacturing. Studium przypadku. *Ekonomia i Zarządzanie*, 7(1), 311–325.
- Kadarova, J., Demecko, M. (2016). New approaches in lean management. *Procedia Economics and Finance*, 39, 11–16.
- Kornicki, L., Kubik, S. (2008). *5S dla Operatorów. 5 filarów wizualizacji miejsca pracy*. ProdPress.com.
- Krafcik, J.F. (1988). Triumph of the Lean Production System. *Sloan Management Review*, 30(1), 41–45.
- Krasiński, M. (2015). Lean management w zapobieganiu i przezwyciężaniu kryzysu w przedsiębiorstwie. *Marketing i Rynek*, 5, 266–276.
- Lizak, M. (2019). Rola przywództwa w koncepcji Lean Management. *Zeszyty Naukowe. Quality. Production. Improvement*, 1(10), 7–16.
- Mucha, D., Nowosielski, S. (2018). Doskonalenie procesów w przedsiębiorstwie produkcyjnym z użyciem metody 5S. *Marketing i Rynek*, 12, 303–313.
- Parkes, A. (2015). Lean management genesis. *Management*, 19(2), 106–121.
- Pawłowski, E., Pawłowski, K., Trzcieliński, S. (2010). *Metody i narzędzia Lean Manufacturing*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
- Sato, K. (1995). Wprowadzenie do ruchu 5-S. *Problemy Jakości*, 3, 33.
- Shaturaev, J., Bekimbetova, G. (2021). Transformation of business efficiency with the lean management. *German International Journal of Modern Science*, 22, 71–73.
- Teich, S.T., Faddoul, F.F. (2013). Lean management – the journey from Toyota to healthcare. *Rambam Maimonides Medical Journal*, 4(2), e0007.
- Womack, J.P., Jones, D.T. (2008). *Lean thinking – szczupłe myślenie. Eliminowanie marnotrawstwa i tworzenie wartości w przedsiębiorstwie*. ProdPress.com.
- Żebrucki, Z., Kruczek, M. (2018). Uwarunkowania wdrożenia koncepcji lean management w sektorze MŚP. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie*, 120, 257–272.