

**GRZEGORZ SZYMAŃSKI**

**MATEUSZ GRZESIAK**

Wydział Zarządzania i Inżynierii Produkcji

Politechnika Łódzka

## **WDROŻENIE KONCEPCJI 3M W PRZEDSIĘBIORSTWIE PRODUKCYJNYM**

### **1. Wstęp**

Na przełomie XIX i XX wieku popularne stały się koncepcje wykorzystania metod naukowych do analizy, interpretacji oraz projektowania procesów produkcji. Istotną determinantą istnienia współczesnych przedsiębiorstw stało się podnoszenie konkurencyjności i jakości produkowanych towarów oraz świadczonych usług. Zakres produkcji został ściśle powiązany z zarządzaniem, które powinno być stosowane zarówno w pojedynczych podsystemach przedsiębiorstwa, jak również odnosząc się do całej organizacji procesów produkcyjnych. Koncepcja Lean Manufacturing (LM) jest wykorzystywana globalnie, jej uniwersalność potwierdzają przykłady wdrożenia w różnych krajach oraz kulturach [1], [2], [3]. W literaturze przedmiotu można wskazać wiele różnych sposobów i podejść do definicji LM, często stosuje się takie określenia, jak: Lean Production, Lean Manufacturing oraz Lean Management, wielu autorów pojęcia te używa zamiennie, uznając je za tożsame. Należą one do grupy nowoczesnych metod zarządzania w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Cykl optymalizacji działań przedsiębiorstw zgodnie z koncepcją LM wymaga zastosowania najbardziej istotnych i efektywnych działań, wykorzystując różne metody i narzędzia, wśród których można wskazać: 5S, Kaizen, Kanban, Just In Time, Single Minute Exchange or Die (SMED), Total Productive Maintenance (TPM), Value Stream Mapping (VSM), Standaryzacja pracy (Standardized Work) [4], Diagram Ishikawy oraz Spaghetti, czy nawet Heijunka, Jidoka i Pokayoke [5]. Celem szeroko pojętego LM jest podniesienie efektywności organizacji poprzez minimalizację marnotrawstwa [6]. Natomiast celem niniejszej publikacji jest identyfikacja korzyści, jakie może przynieść wdrożenie koncepcji 3M do przedsiębiorstwa produkcyjnego.

## 2. Istota i charakterystyka modelu 3M

Lean Manufacturing to filozofia, która prowadzi do eliminowania wszelkiego rodzaju marnotrawstwa (Muda) oraz do poprawy jakości produktów i procesów [7], [8]. Definicja ta zgodna jest z pierwowzorem, gdzie LM koncentruje się na identyfikacji i eliminacji wszystkich rodzajów odpadów występujących w procesach produkcyjnych [9]. Muda to wszelkie działania, które nie dodają żadnej wartości produktowi końcowemu. Marnotrawstwa te nie tylko nie przyczyniają się do zwiększenia wartości produktu, ale również generują dla firmy dodatkowe koszty. Muda wskazuje siedem podstawowych rodzajów marnotrawstwa: nadprodukcja; niepotrzebny ruch; oczekiwanie; niepotrzebny transport; zapasy, braki oraz wady; czynności niedodające wartości oraz najrzadziej analizowany czynnik – niewykorzystany potencjał pracowników [10].

Kompleksowo Lean Manufacturing to nie tylko sama Muda, ale japońska metoda skoncentrowana na modelu 3M, gdzie prócz kluczowego Muda, istotna jest koncepcja Mura (niekonsekwencja) oraz Muri (nieuzasadnienie). LM przede wszystkim koncentruje się na trzech aspektach: redukcji wad, kontroli zapasów oraz skróceniu czasu realizacji i zmian w czasie [11]. Muri określa wszystkie zagrożenia związane z ergonomią pracy pracownika oraz nadmierną eksploatacją maszyn. Są to, między innymi: zbyt duże obciążenie pracowników oraz maszyn, prowadzące do wycieńczenia pracowników oraz częstych awarii maszyn, powodujących zbędne przestoje w procesie [12]. Rozwiązaniem najczęściej stosowanym podczas redukcji Muri jest wprowadzenie standaryzacji pracy oraz zapewnienie wszystkim pracownikom bezpiecznych dla zdrowia warunków pracy. Muri często jest identyfikowana jako zagrożenie przy wdrażaniu Lean Manufacturing, ponieważ może spowodować, że wszystkie działania podjęte w celu usprawnienia procesu będą nieefektywne. Natomiast Mura to marnotrawstwo wynikające głównie z niezgodności oraz nieregularności wykonywanych działań. Jeśli działania nie są znormalizowane i nie idą płynnie lub konsekwentnie, Mura jest rezultatem. Przyczynami wystąpienia są wszelkie zasoby, które są marnowane, gdy nie można przewidzieć jakości. Przykładowo: koszt testowania, kontroli, ograniczania, przeróbek, zwrotów, nadgodzin i nieplanowanych wyjazdów do obsługi klienta [13].

Wdrażanie poszczególnych aspektów modelu 3M powinno odbywać się w odpowiedniej kolejności i przy ciągłej analizie wyników z innych stosowanych metod LM [14]. Ponadto minimalizacja lub nawet niwelacja strat w modelu 3M to racjonalne rozwiązanie, które ogranicza lub optymalizuje zadania generujące koszty całego systemu produkcyjnego. Niższe koszty produkcji, elastyczność systemu produkcji oraz stabilność i powtarzalność procesów sprawiają, że przedsiębiorstwo jest konkurencyjne na rynku, dzięki jakościowym produktom i niskim kosztom. Ważne jest jednak, aby brać pod uwagę perspektywę klienta i zidentyfikować główne obszary strat modelu 3M [15].

### 3. Implementacja złożań 3M w przedsiębiorstwie

Badania przeprowadzone zostały w przedsiębiorstwie produkcyjnym z branży RTV/AGD zlokalizowanym w województwie łódzkim. Głównym asortymentem produkowanym w tej lokalizacji są kuchenki oraz suszarki. Produkty te dostarczane są do odbiorców, do których można zaliczyć: sklepy oraz hurtownie sprzętu RTV/AGD, zarówno w kraju, jak i w Europie.

Przed rozpoczęciem wdrażania założeń 3M w przedsiębiorstwie przeprowadzone zostały obserwacje jawne zachowań i aktywności pracowników produkcyjnych w celu weryfikacji i identyfikacji problemów występujących w poszczególnych procesach. Obserwacja działań i procesów we wszystkich strefach wykazała występowanie przestojów oraz strat produkcyjnych, szczególnie na strefie nazywanej w przedsiębiorstwie jako „pakownia”.

Kolejnym krokiem było przeprowadzenie analizy 3M w powyższej strefie, która obejmowała wszystkie trzy podstawowe elementy – Muda, Muri, Mura. Pierwszy etap działań 3M dotyczył wskazania czynności niedodających wartości tzw. Muda. Wyniki analizy przedstawiono w Tabeli 1.

Z przeprowadzonej analizy jednoznacznie wynika, że udział czynności niedodających wartości jest zidentyfikowany na stosunkowo niskim poziomie, jednakże analiza ta pozwoliła na wykrycie innej nieprawidłowości na badanej strefie. Czas cyklu, potrzebny na przetworzenie konkretnego zadania, na stanowisku pierwszym (WS1) jest przekroczony. Mimo iż nie jest to duża dysproporcja, to w praktyce skutkuje częstymi przestojami na linii produkcyjnej.

Tabela 1. Analiza Muda

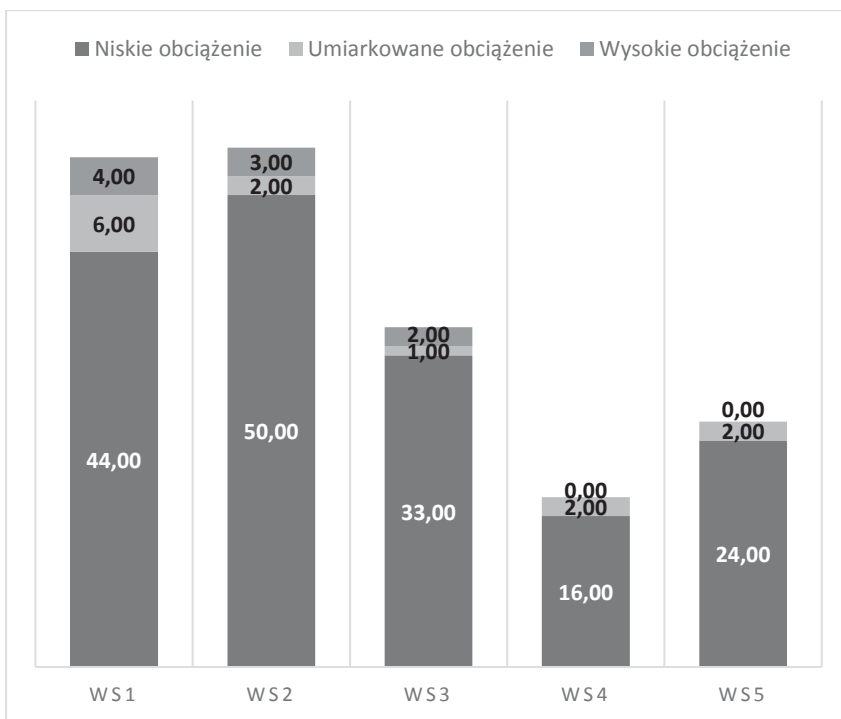
Numer stanowiska	WS 1	WS 2	WS 3	WS 4	WS 5	Suma
Takt time (s)	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	
<b>Czynności dodające wartość</b>	15,52	15,78	15,78	15,22	7,56	<b>69,86</b>
Kontrola jakościowa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
Ruch operatora – chodzenie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
Ruch operatora – Pobranie komponentu	0,00	3,33	3,37	0,00	0,00	<b>6,70</b>
Ruch operatora – trudne pobranie	7,95	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>7,95</b>
Pobranie kontenera/materiału	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
Ruch operatora – rozpakowanie/rozdzielenie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
Ruch produktu	0,00	0,00	0,00	2,43	0,00	<b>2,43</b>
Ruch operatora – przemieszczanie /prace ręczne	2,26	2,32	0,00	0,00	4,63	<b>9,21</b>

Tabela 1 (cd.)

Ruch operatora – pobranie/ użytkowanie narzędzi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
Oczekiwanie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
Ruch operatora – czyszczenie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
<b>Czynności nie dodające wartości</b>	10,21	5,65	3,37	2,43	4,63	<b>26,29</b>
<b>Czas cyklu</b>	25,73	21,43	19,15	17,65	12,19	<b>96,15</b>
<b>Niezbalansowany czas</b>	0,00	3,57	5,85	7,35	12,81	<b>29,58</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z przedsiębiorstwa.

Kolejnym elementem analizy 3M wstępnej jest Muri, czyli analiza odpowiedzialna za ergonomię stanowisk pracy. Głównym założeniem jest weryfikacja obciążeń na stanowiskach pracy oraz rozdzielenie ich na trzy grupy (wysokie obciążenia – konieczność natychmiastowych zmian, umiarkowane obciążenia – zalecane wprowadzenie zmian oraz niskie obciążenia – niewymagające zmian). Analiza ta została przedstawiona na rys. 1.



Rys. 1. Analiza Muri

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z przedsiębiorstwa.

Ilość obciążeń wysokich występujących na badanej strefie nie jest duża. Mimo to wszystkie obciążenia zakwalifikowane jako wysokie na stanowiskach od WS1 do WS3 należy zredukować poprzez wprowadzenie niezbędnych usprawnień.

Ostatnią analizą była Mura. Działanie to pozwala na wykrycie nieregularności pracy operatorów. Analiza ta polega na wielokrotnym przeprowadzeniu pomiaru czasu cyklu pracowników, a następnie wyliczeniu niezbędnych wskaźników pozwalających zaobserwować, jak duża jest zmienność procesu ( $\sigma$ ). Weryfikacja zmienności procesu może się odbywać poprzez analizę histogramu, wykresu pudełkowego czy karty kontrolnej, i powinna być uznana za wstępną analizę zdolności procesu. Jednak w praktyce przedsiębiorstw produkcyjnych powszechnie stosowane są liczbowe oceny zdolności procesu, a mianowicie wskaźniki zdolności procesu [16]. Zmienność procesu na badanej strefie przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Analiza Mura

Zmienność			
$\mu$	$\sigma$	Najniższa wartość	Najwyższa wartość
24,85	2,60	18,76	28,99
20,80	1,21	18,99	23,45
19,05	1,07	15,86	21,09
17,77	1,31	15,56	20,52
12,78	1,65	11,13	20,42

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z przedsiębiorstwa.

Zmienność ( $\sigma$ ) powyżej wartości 1,8 uznawana jest w przedsiębiorstwie jako zbyt wysoka. Docelową wartością, do której przedsiębiorstwo stara się dążyć, jest wartość  $\sigma = 1$ .

W celu usprawnienia badanego procesu oraz redukcji marnotrawstwa wykrytego w powyższych analizach został przeprowadzony szereg działań mających na celu poprawę stanu obecnego. Wśród zaimplementowanych zmian znalazły się:

- redukcja ilości stanowisk z 5 do 4,
- zmiana rozkładu czynności na stanowiskach,
- zmiana ustawienia miejsc poboru komponentów – poprawa ergonomii miejsc pracy,
- redukcja czynności niedodających wartości do produktu.

Wszystkie wprowadzone usprawnienia miały charakter bezkosztowy i zostały wykonane bez konieczności wykorzystania usług firm zewnętrznych. W celu weryfikacji efektywności wdrożonych zmian w procesach produkcyjnych została wykonana ponowna analiza 3M na badanej strefie. Wykazała one redukcję ilości czynności

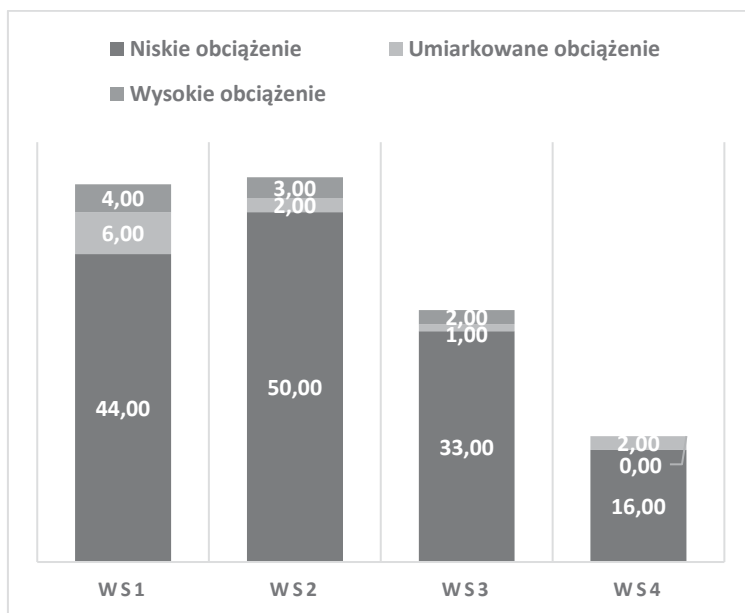
niedodających wartości do produktu o 10%, niezbalansowania, aż o 78%. Kolejnym benefitem wynikającym z przeprowadzonych zmian jest wyrównanie czasów cykli produkcyjnych na wszystkich stanowiskach, co przedstawia tabela 3.

Tabela 3. Analiza Muda – po usprawnieniach

Numer stanowiska	WS 1	WS 2	WS 3	WS 4	WS 5	Suma
Takt time (s)	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	
<b>Czynności dodające wartość</b>	<b>15,52</b>	<b>15,78</b>	<b>15,78</b>	<b>22,78</b>	<b>7,56</b>	<b>77,42</b>
Kontrola jakościowa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
Ruch operatora – chodzenie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
Ruch operatora – pobranie komponentu	0,00	3,33	3,37	0,00	0,00	<b>6,7</b>
Ruch operatora – trudne pobranie	5,32	0,00	2,63	0,00	0,00	<b>7,95</b>
Pobranie kontenera/materiału	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
Ruch operatora – rozpakowanie/rozdzielenie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
Ruch produktu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
Ruch operatora – przemieszczanie/prace ręczne	2,32	4,63	2,26	0,00	4,63	<b>13,84</b>
Ruch operatora – pobranie/użytkowanie narzędzi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
Oczekiwanie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
Ruch operatora – czyszczenie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
<b>Czynności niedodające wartości</b>	<b>7,64</b>	<b>7,96</b>	<b>8,26</b>	<b>0,00</b>	<b>4,63</b>	<b>28,49</b>
<b>Czas cyklu</b>	<b>23,16</b>	<b>23,74</b>	<b>24,04</b>	<b>22,78</b>	<b>12,19</b>	<b>105,91</b>
<b>Niezbalansowany czas</b>	<b>1,84</b>	<b>1,26</b>	<b>0,96</b>	<b>2,22</b>	<b>12,81</b>	<b>19,09</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z przedsiębiorstwa.

Analiza Muri przeprowadzona ponownie na badanej strefie wykazała natomiast całkowitą redukcję obciążeń wysokich oraz znaczną redukcję obciążeń umiarkowanych. Zestawienie danych przedstawiających ergonomię stanowisk pracy zawiera rysunek 2.



Rys. 2. Analiza Muri – po usprawnieniach

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z przedsiębiorstwa.

Ostatnią analizą przeprowadzoną ponownie po wprowadzonych zmianach jest Mura. Wykaz zmienności procesu po zaimplementowaniu usprawnień przedstawia znaczne zmniejszenie nieregularności pracy i jest przedstawiony w tabeli 4.

Tabela 4. Analiza Mura – po usprawnieniach

Zmienność			
$\mu$	$\sigma$	Najniższa wartość	Najwyższa wartość
23,02	1,27	20,20	25,67
23,74	1,37	21,09	26,78
24,03	1,21	21,95	25,98
22,82	1,13	20,32	25,98
23,02	1,27	20,20	25,67

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z przedsiębiorstwa.

W badanym przedsiębiorstwie proces wprowadzania zmian nie kończy się wraz z przeprowadzaniem analizy po usprawnieniach przedstawionej powyżej. Zarówno ergonomia, jak i standaryzacja pracy, może być w naj-bliższym czasie poprawiona, jeżeli firma zdecyduje się na wprowadzenie rekomendowanych rozwiązań:

- regałów na komponenty wykorzystujących spadnie grawitacyjne, ułatwiających wymianę kontenerów z pustego na pełny,
- podestów dla niższych pracowników w celu poprawy ergonomii związanej z wysokim obciążeniem kończyn górnych podczas czynności wykonywanych w górnej części suszarki.

Zaimplementowanie powyższych rozwiązań wiąże się z kosztami zakupu niezbędnej infrastruktury, jednakże może się w sposób znaczący przyczynić do dalszego usprawnienia badanej strefy.

## 4. Wnioski

Współczesne przedsiębiorstwa produkcyjne, działające w warunkach dużej konkurencyjności, muszą podążać za oczekiwaniami klientów, koniecznością wprowadzania systematycznych zmian w obszarze świadczonej działalności oraz kreowaniem swojej wartości. Jedną z możliwości jest wdrożenie koncepcji LM. Zgodnie z tą filozofią należy dążyć do tego, aby sprawnie i precyzyjnie reagować na zapotrzebowanie zgłaszane i niejawne oczekiwania klientów, unikając przy tym problemów zidentyfikowanych w modelu 3M.

Implementacja 3M w przedsiębiorstwie produkcyjnym pozwala na dokładne przeanalizowanie procesu produkcyjnego w wielu aspektach. Analizy przeprowadzane z wykorzystaniem 3M pozwalają na identyfikację, a następnie usprawnienie występujących w przedsiębiorstwie nieprawidłowości. Proces zmian wprowadzany według tej metodologii obejmuje przeprowadzenie analiz zarówno przed, jak i po, w celu rzetelnej weryfikacji słuszności wprowadzonych usprawnień.

3M to metody Lean Manufacturing pozwalające na kompleksowe przeprowadzenie analiz, a następnie – znając już dokładnie przyczyny powstawania marnotrawstwa – na łatwą ich redukcję.

Wykorzystanie narzędzia 3M w badanym przedsiębiorstwie pozwoliło na poprawę ergonomii stanowisk pracy, redukcję zmienności procesu, a także zmniejszenie liczby czynności niedodających wartości produktom. Sformułowane wnioski mają także potwierdzenie w innych przypadkach zastosowania modelu 3M w przedsiębiorstwach produkcyjnych [17], [18].



## Literatura

- [1] Matharu M., Sinha N., *Lean Implementation in Indian Manufacturing MSMEs*, "A Sap-Lap Analysis, Management and Production Engineering Review" 2019, t. 10, nr 1, ss. 68-78.
- [2] Sankowska A., Rygowska-Zielińska M., *Lean Management w pięciu wymiarach kultury*, [w:] A. Sankowska, K. Santarek (red.), (2014) *Spoleczne aspekty zarządzania. Wybrane problemy*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, ss. 53-71.
- [3] Bolbach M., *Transfer of Lean Manufacturing to China – Lessons from Two German-Chinese Production Plants*, "Applied Mechanics and Materials" 2011, nr 110-116, ss. 2087-2093.
- [4] Jałmużna I., *Standaryzacja pracy – czy należy wciąż zwracać na nią uwagę?*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej. Organizacja i Zarządzanie” 2017, nr 1214, z. 67 Łódź, s. 74.
- [5] Pawłowski E., Pawłowski K., Trzcieliński S., (2010), *Metody i narzędzia Lean Manufacturing*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, s. 29-42.
- [6] Jylhä T., Junnila S., *Learning from Lean Management – Going Beyond Input-output Thinking*, "Facilities" 2013, z. 31, nr 11/12, s. 455.
- [7] Czerna J., (2014), *Podstawowe narzędzia Lean Manufacturing*, LeanQTeam, Gdańsk, s. 9.
- [8] Walentynowicz P., (2013), *Uwarunkowania skuteczności wdrażania Lean Management w przedsiębiorstwach produkcyjnych w Polsce*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, s. 37.
- [9] Ohno T., (1988), *Toyota Production Systems: Beyond Large-Scale Production*, Productivity Press, Portland (OR).
- [10] Imai M., (2006), *Gemba Kaizen*, Wydawnictwo MT Biznes, Warszawa, ss. 115-125.
- [11] Lute V.V., Charkha P.G., (2017), *Review of Lean Manufacturing Implementation: Case of Junction Box Post Processing Phase*, International Conference on Science and Engineering for Sustainable Development, Special Issue-1, p. 22.
- [12] Damrath F., (2012), *Increasing Competitiveness of Service Companies: Developing Conceptual Models for Implementing Lean Management in Service Companies*, Politecnico di Milano, Milano, ss. 12-14.
- [13] Sawyer N.J., Williams B., (2012), *Lean for dummies*, Hoboken, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- [14] Bicheno J., *Towards Reducing Queues: Muri, Mura, Muda*, [w:] Dinis-Carvalho J., Alves A.C., Costa N., Lima R.M., Sousa R.M. (red.), (2018), *Lean educator's role, Proceedings of the fifth European lean educator conference*, s. 150.
- [15] Zwolińska B., *Use of the method VSM to the identify muda*, "Research in Logistics & Production" 2016, z. 6, nr 6, s. 514.

- [16] Szerszunowicz M., *Analiza zdolności procesu o zależnych charakterystykach*, „Studia Ekonomiczne” 2013, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, nr 152, s. 154.
- [17] Chaudhari T., Raut N., *Waste Elimination by Lean Manufacturing*, “International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology” 2017, z. 4, nr 5, s.169.
- [18] Klimecka-Tatar D., *Value Stream Mapping as Lean Production tool to improve the production process organization – case study in packaging manufacturing*, “Production Engineering Archives” 2017, nr 17, ss. 40-44.