

Dr Magdalena Dąbrowska, prof. CWUP
 Collegium Witelona Uczelnia Państwowa
 ORCID: 0000-0002-9305-7123
 e-mail: magdalena.dabrowska@collegiumwitelona.pl

Inż. Paweł Jokiel
 e-mail: jokiel.pawel.1988@gmail.com

Redukcja czasu przebrojenia maszyn z wykorzystaniem metody SMED w wybranym przedsiębiorstwie produkcyjnym

The reduction of machine changeover time by using the SMED method in a selected production company

Streszczenie

Obecnie przedsiębiorstwa produkcyjne funkcjonują w turbulentnym otoczeniu, co jest następstwem m.in. kryzysu światowego wywołanego przez pandemię i wojnę. Z tego względu są zmuszone do ciągłego poszukiwania rozwiązań umożliwiających obniżanie kosztów produkcyjnych, skracania czasu reakcji na potrzeby rynkowe czy wprowadzanie innowacyjnych rozwiązań z zakresu doskonalenia procesów produkcyjnych. Nowe spojrzenie na realizowane procesy produkcyjne zostało wymuszone przez zmieniające się i stale rosnące wymagania rynku oraz możliwość implementacji innowacyjnych rozwiązań techniczno-organizacyjnych. Zadaniem usprawnienia procesu produkcyjnego jest eliminacja strat i poszukiwanie źródeł marnotrawstwa, a także standaryzacja zaimplementowanych rozwiązań. Jednym ze sposobów poprawy efektywności i elastyczności procesów produkcyjnych jest koncepcja Lean, nastawiona na eliminację marnotrawstwa oraz skracanie cykli realizacji zamówienia w procesie. Do najważniejszych narzędzi stosowanych w koncepcji Lean Management należą: 5S, Kaizen, Just in Time, Just in Sequence, Kanban (system pull), Single Minute Exchange of Die (SMED), Total Productive Maintenance (TPM), Value Stream Mapping (VSM), standaryzacja, muda, Total Quality Management (TQM), takt time, heijunka, andon (Visual Management), poka yoke. Celem opracowania jest redukcja czasu przebrojenia maszyny wykrawającej w procesie produkcji maty bitumicznej z zastosowaniem metody SMED.

Słowa kluczowe:

proces produkcyjny, Lean Management, SMED, marnotrawstwo, przebrojenie maszyny

Abstract

Currently, production companies operate in a turbulent environment as a result, among others, of the global crisis caused by the pandemic and war. For this reason, they are forced to constantly search for solutions in the field, e.g., lowering production costs, shortening reaction time in response to market needs, or introducing innovative solutions to improve production processes. A new look at the production processes implemented was forced by the changing and constantly growing market requirements and the possibility of implementing innovative technical and organizational solutions. The task of streamlining the production process is the elimination of losses and the search for waste sources and standardizing the implemented solutions. One of the ways to improve the efficiency and flexibility of production processes is the Lean concept, which is focused on eliminating waste and shortening order fulfilment cycles in the process. The essential tools used in the Lean Management concept include: 5S, Kaizen, Just in Time, Just in Sequence, Kanban (pull system), Single Minute Exchange of Die (SMED), Total Productive Maintenance (TPM), Value Stream Mapping (VSM), standardization, muda, Total Quality Management (TQM), tact time, heijunka, andon (Visual Management), poka yoke. The paper aims to reduce the changeover time of the punching machine in the bitumen mat production process based on the use of the SMED method.

Keywords:

production process, Lean Management, SMED, waste, machine changeover

JEL: L23, L69, M11, O39

Wprowadzenie

Obecnie przedsiębiorstwa produkcyjne funkcjonują w warunkach turbulentnego otoczenia w wyniku m.in. kryzysu światowego wywołanego przez pandemię i wojnę. Z tego względu są zmuszone do ciągłego poszukiwania rozwiązań w zakresie obniżania kosztów produkcyjnych, skracania czasu reakcji na potrzeby rynkowe czy wprowadzania innowacyjnych rozwiązań w sferze doskonalenia procesów produkcyjnych. Nowe spojrzenie na realizowane procesy produkcyjne zostało wymuszone przez zmieniające się i stale rosnące wymagania rynku oraz możliwość implementacji innowacyjnych rozwiązań techniczno-organizacyjnych. Z tego względu współcześnie zorganizowany proces produkcyjny powinien spełniać wymogi elastyczności i efektywności wytwarzania w celu reakcji na (Baskiewicz & Kałużek, 2017):

- zmienność potrzeb rynkowych (krótkie serie i krótkie terminy),

- wdrażanie nowych uruchomień (innowacje produktowe i procesowe),
- zmienność wewnętrzną (stopień wykorzystania stanowisk roboczych i efektywność pracy) oraz
- presję konkurencji.

Zadaniem usprawnienia procesu produkcyjnego jest eliminacja strat i poszukiwanie źródeł marnotrawstwa, a także standaryzacja zaimplementowanych rozwiązań (Kruczek & Zebrucki, 2012). Do podstawowych źródeł marnotrawstwa, pierwotnie wyróżnionych przez T. Ohno – twórcę Systemu Produkcyjnego Toyoty (Toyota Production System, TPS) – zaliczono: nadprodukcję, zapasy, transport, oczekiwanie, zbędny ruch, nadmierne przetwarzanie oraz braki, czyli defekty (Czyż-Gwiazda, 2015; Liker, 2005; Liker & Meier, 2011; Matwiejczuk (Red.), 2009; Ohno, 1990; Tsigkas, 2013) – tabela 1, tabela 2.

Należy podkreślić, że coraz szersze podejście do postrzegania problemu marnotrawstwa spowodowało wyróżnienie kolejnych źródeł tego problemu

Tabela 1

Podstawowe źródła marnotrawstwa

Źródło marnotrawstwa	Interpretacja
Nadprodukcja	Mimo że spada zapotrzebowanie, produkcja nie jest zmniejszana
Produkowanie braków	Wadliwy produkt, wadliwa usługa, utrzymywanie rozbudowanych procedur kontroli
Utrzymanie zbędnych zapasów	Utrzymywanie dużych zapasów, np. wyrobów gotowych, w celu szybkiego reagowania na potrzeby klienta, co wpływa na wzrost wielu grup kosztów
Stosowanie niewłaściwych metod wytwarzania	Skomplikowanie procesów, brak standardowych rozwiązań
Nadmierne rozbudowany transport	Transport między stanowiskami, halami, biurami a wydziałami produkcyjnymi
Przestoje	Przerwy technologiczne
Zbędny ruch	Niewłaściwa organizacja stanowisk pracy

Źródło: Wawak, 2011.

Tabela 2

Źródła marnotrawstwa

Źródła marnotrawstwa według T. Ohno	Źródła marnotrawstwa według J. Womacka i D. Jonesa
Nadprodukcja	Poprawki – naprawy, przeróbki
Nieprodukowanie na czas – opóźnienia	Ruch – przemieszczanie się zasobów bez potrzeby
Niepotrzebny transport	Nadprodukcja
Długotrwałe poszukiwanie narzędzi i materiałów	Transport – transport między procesami
Niepotrzebny nadzór nad maszyną pracującą w trybie automatycznym	Zapas – nadmiar surowców, produkcji w toku, wyrobów gotowych
Wielokrotne przetwarzanie tej samej informacji	Proces – zbędne czynności w procesach
Niekompletne wykorzystanie potencjału pracowników	Oczekiwanie

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Łazicki i in., 2011; Masadyński, 2007; Ohno, 2008; Womack & Jones, 1996.

Tabela 3

Zalety i wady implementacji koncepcji Lean Management

Zalety	Wady
<p>Zwiększenie zdolności konkurencyjnej, a w jej wyniku redukcja kosztów i podwyższenie poziomu jakości</p> <p>Podniesienie wydajności pracy poprzez spłaszczenie hierarchii i zredukowanie czasu podejmowania decyzji</p> <p>Zwiększenie produktywności</p> <p>Zwiększenie wydajności produkcji</p> <p>Zmniejszenie powierzchni produkcyjnej</p> <p>Skrócenie cyklu produkcyjnego</p> <p>Obniżenie pewnych grup kosztów, np. kosztów oprzyrządowania</p> <p>Minimalizacja usterek maszyn</p> <p>Obniżenie czasu przebrożeń przy mniejszym zapotrzebowaniu na personel</p> <p>Podniesienie jakości oferowanego wyrobu/usługi</p> <p>Skupienie większej uwagi na potrzebach klienta</p> <p>Polepszenie komunikacji między szczeblami struktury organizacyjnej</p> <p>Motywacja pracowników</p>	<p>Długi czas implementacji rozwiązań</p> <p>Zwiększenie zapotrzebowania na specjalistów potrzebnych do wdrożenia i nadzoru nad prawidłową implementacją tej metody</p> <p>Konieczność wypracowania własnych wzorców, brak możliwości wdrażania narzędzi i technik metodą benchmarkingu</p> <p>Poniesienie kosztów związanych z koncepcją – na etapie planowania, wdrażania, związanych z zakończeniem implementacji</p> <p>Zwiększenie stresu u pracowników spowodowanego zmianami w organizacji</p> <p>Opór pracowników wobec zmian</p> <p>Rotacja pracowników</p> <p>Redukcja etatów</p>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Hopeja & Kral (Red.), 2011; Kraśnicka i in., 2014; Ziemniewicz, 2003).

w sferze produkcji. Zaliczono do nich (Kasperek, 2013; Liker, 2005; Lisiecka & Burka, 2015): niewykorzystanie potencjału pracowników, obwinianie pracowników, utracone korzyści, straty jakości, marnotrawstwo danych, zacofanie systemu i słabe rozwinięcie systemu, marnotrawstwo środowiskowe¹. Lista rodzajów marnotrawstwa ma charakter otwarty i można ją rozszerzać, biorąc pod uwagę m.in. rodzaj działalności występującej w obrocie gospodarczym, rodzaj procesów gospodarczych czy rodzaj czynności realizowanych w poszczególnych procesach (Lisiecka & Burka, 2015).

Jednym ze sposobów poprawy efektywności i elastyczności procesów produkcyjnych jest koncepcja Lean, która jest nastawiona na eliminację marnotrawstwa oraz na skracanie cykli realizacji zamówienia w procesie (Kruczek & Żebrucki, 2012). W literaturze przedmiotu istnieje wiele definicji pojęcia Lean Management (Asiński i in., 1999; Bertagnolli, 2018; Charon i in., 2014; Czerska, 2009; Helmold, 2020; Jackson, 1996; Nogalski & Walentynowicz, 2004; Womack i in., 1990; Zaporowska, 2021). W świetle wybranych definicji koncepcja Lean Management jest postrzegana jako strategia, w innych – jako filozofia, a jeszcze innych – jako metoda.

Do filarów koncepcji Lean należą (Womack, 2007; Womack & Jones, 1996; Womack & Jones, 2001; Womack i in., 1990): praca grupowa, decen-

tralizacja decyzji, orientacja na klienta, ciągłe ulepszanie (Kaizen), spłaszczona hierarchia, odrzucanie błędów u źródła, unikanie rozrzutności, ciągły przepływ materiałów oraz totalne zarządzanie jakością.

Do podstawowych zasad omawianej koncepcji zalicza się (Szymańska 2012): zaangażowanie kadr w sposób efektywny, zastosowanie metod zarządzania jakością i Total Quality Control, zastosowanie zarządzania logistycznego, produkcję o charakterze rynkowym, skoncentrowanie na podstawowych działaniach, stałą realizację przedsięwzięć innowacyjnych, eliminację marnotrawstwa, efektywne zarządzanie zasobami ludzkimi, odchudzanie, elastyczność i spłaszczanie struktur organizacyjnych, zdecentralizowany i sprawny system informacji, wykorzystywanie nowej technologii FMS (Flexible Manufacturing System – Elastyczny System Produkcyjny), efektywne spożytkowanie czasu oraz wyczerpujące informowanie całej załogi przedsiębiorstwa o totalnym ograniczaniu zbędnych kosztów i działań.

Implementacja koncepcji Lean Management ma niewątpliwie zalety, ale też wady (tabela 3).

Do najważniejszych narzędzi stosowanych w koncepcji Lean Management należą (Sanders i in., 2017; Wagner i in., 2017; Wolniak, 2014): 5S, Kaizen, Just in Time, Just in Sequence, Kanban (system pull), Single Minute Exchange of Die (SMED), Total Productive Maintenance (TPM), Value Stream

Mapping (VSM), standaryzacja, muda, Total Quality Management (TQM), takt time, heijunka, jidoka, andon (Visual Management), poka yoke.

Celem opracowania jest redukcja czasu przebrojenia maszyny wykrawającej w procesie produkcji maty bitumicznej z zastosowaniem metody SMED.

Istota metodyki SMED

Metodyka SMED (Single Minute Exchange of Die) została opracowana przez japońskiego inżyniera S. Shingo i po raz pierwszy została wdrożona w zakładach Toyoty. Celem metody jest przebrojenie urządzenia w ciągu pojedynczych minut. SMED stanowi zestaw technik i metod, które pozwalają na wymianę części, urządzeń i nastaw linii produkcyjnej w czasie pojedynczych minut. Należy nadmienić, iż przebrojenie maszyn jest pracochłonnym procesem, który nie dodaje wartości, a absorbuje czas. Zastosowanie metody SMED pozwala na redukcję czasu przebrojeń (Chabowski & Żywicki, 2013).

Do niewątpliwych korzyści wynikających ze stosowania narzędzia SMED należy zaliczyć (Walczak, 2006): skrócenie średniego czasu przestojów przy przezbajaniu maszyn, redukcję długich serii produkcyjnych, redukcję stanów magazynowych, zwiększenie elastyczności produkcji, skrócenie czasu wykonania wyrobów (poprzez redukcję czasu oczekiwania na obróbkę), zmniejszenie kosztów robocizny przy przezbajaniu, podniesienie produktywności wąskich gardeł linii produkcyjnych, zmniejszenie zużycia materiałów związanego z przebrojeniem, podniesienie stopnia wykorzystania posiadanego wyposażenia, eliminację liczby błędów przy przezbajaniu, podniesienie jakości wyrobów, poprawę bezpieczeństwa pracowników, uproszczenie gospodarki narzędziowej oraz obniżenie wymagań w odniesieniu do umiejętności pracowników.

Ważnym aspektem metodyki SMED jest podział czynności związanych z przebrojeniem na dwie grupy: tzw. czynności wewnętrzne oraz czynności zewnętrzne.

Czynności wewnętrzne (przebrojenia wewnętrzne) są wykonane na wyłączonej maszynie. Czynności wewnętrzne powodują nie tylko straty efektywności pracy, ale również ograniczają czas przeznaczony na produkcję. Do typowych czynności wewnętrznych zalicza się m.in.: zdjęcie materiału z maszyny, demontaż narzędzi, czyszczenie powierzchni roboczych, montaż narzędzi, założenie nowego materiału, serie próbne, regulacje maszyny. Czynności zewnętrzne (przebrojenia zewnętrzne) to te działania, które są możliwe do wykonania bez potrzeby wyłączania maszyny (mogą być wykonywane podczas pracy maszyny). Typowymi czynnościami o charakterze zewnętrznym są m.in.: przygotowanie planów i instrukcji, transport materiałów i narzędzi z lub do magazynu, zebranie wszystkich pracowników niezbędnych do wykonania przebrojenia (Walczak, 2014).

Czas przebrojeń to czas liczony od momentu wykonania ostatniej dobrej sztuki wykonanej dla „starego zlecenia” do momentu wytworzenia pierwszej dobrej sztuki „nowego zlecenia” (rysunek 1).

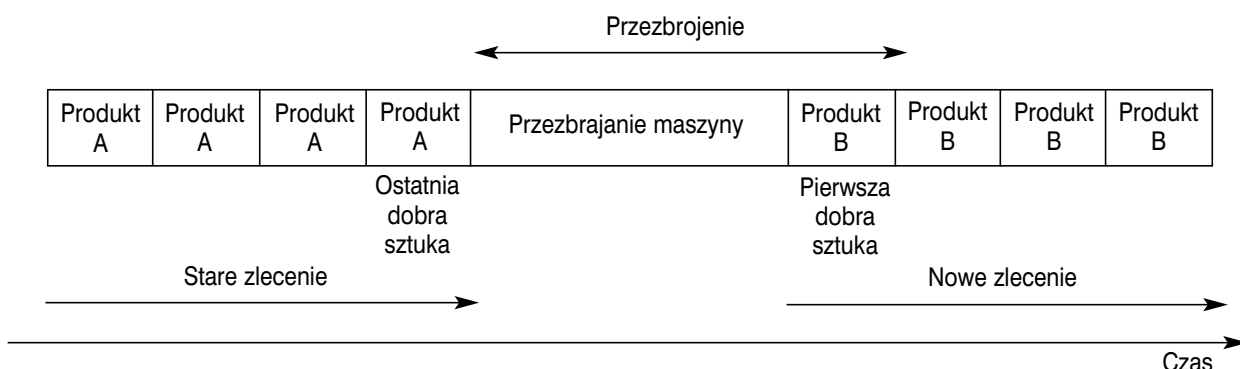
Metodyka SMED opiera się na czterech krokach (Antosz & Kuźdzał, 2015; Dąbrowska & Maciejewska, 2022; Gorecki, 2011; Shingo, 1985):

- etap 0 – obserwacja i zapis procesu przebrojenia;
- etap 1 – analiza zebranych materiałów i podział czynności na przebrojenia wewnętrzne i zewnętrzne,
- etap 2 – przekształcenie czynności wewnętrznych w zewnętrzne,
- etap 3 – usprawnienie wszystkich aspektów czynności przezbajania.

Pierwszym krokiem jest wyszczególnienie wszystkich czynności związanych z przebrojeniem maszy-

Rysunek 1

Czas przebrojenia maszyny



Źródło: opracowanie własne.

ny. Następnie każdą czynność należy opisać, nadając jej status „czynność wewnętrzna” lub „czynność zewnętrzna”. Następnie wszystkie czynności należy pogrupować. Każdej czynności należy przypisać czas jej trwania. W ten sposób otrzymuje się sumę czasów czynności zewnętrznych i sumę czasów czynności wewnętrznych (rysunek 2).

Następnie czynności wewnętrzne należy podzielić pod kątem możliwości ich realizacji w systemie czynności zewnętrznych. Jeśli istnieje taka możliwość, to nadaje się im nowy status czynności zewnętrznych. Pozostałe czynności nie zmieniają swego statusu. W ten sposób powstaje nowy podział

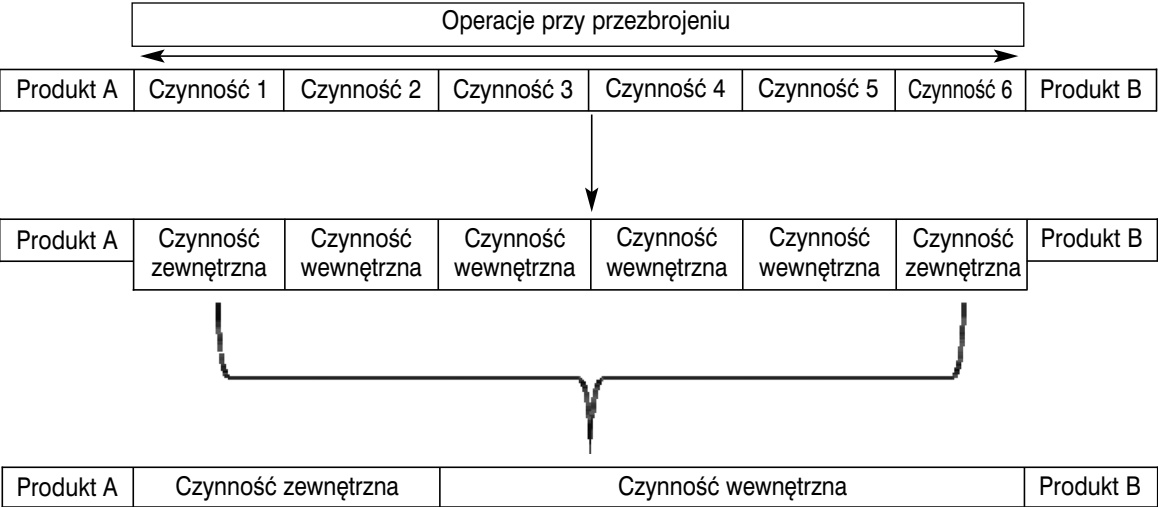
czynności, tym samym zmniejsza się suma czasu czynności wewnętrznych (rysunek 3).

Opis problemu badawczego

Badane przedsiębiorstwo pierwotnie było częścią niemieckiej grupy przetwórstwa tworzyw sztucznych, dostawcą dla branży motoryzacyjnej, AGD, a także budownictwa. Asortyment produktów grupy obejmował:

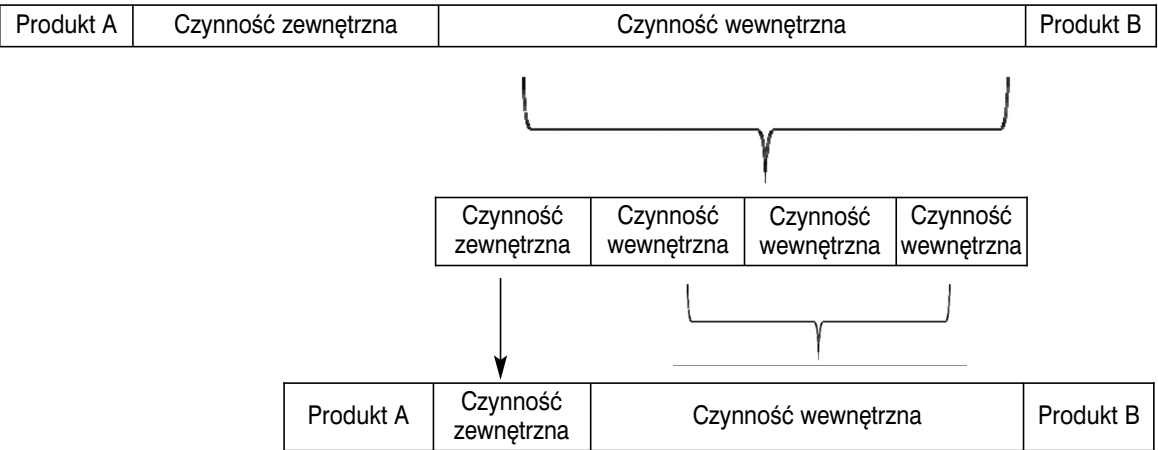
- w zakresie branży motoryzacyjnej – systemy dogłazdania i uszczelniania izolacji akustycznej

Rysunek 2
Rozgraniczenie przebrożenia wewnętrznego i zewnętrznego



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 3
Transformacja przebrożeń



Źródło: opracowanie własne.

i cieplnej oraz absorpcji okładzin silnika, podwozia, a także dodatkowo plastikowych elementów konstrukcyjnych i wyposażenia wnętrza pojazdów użytkowych;

- w zakresie branży AGD – produkty zapewniające odpowiednią izolację akustyczną, głównie w zmywarkach, lodówkach oraz innych sprzętach gospodarstwa domowego;
- w zakresie budownictwa – izolację akustyczną, głównie w budowie mostów oraz wiaduktów.

Obecnie przedsiębiorstwo produkuje systemy i produkty do klejenia, uszczelniania, tłumienia, wzmacniania oraz ochrony przeznaczone dla przemysłu chemicznego, budowlanego oraz motoryzacyjnego. Badane przedsiębiorstwo współpracuje głównie z zakładami produkcyjnymi znajdującymi się w Niemczech, Hiszpanii, Stanach Zjednoczonych i Chinach oraz z partnerami znajdującymi się w Korei Południowej oraz Japonii.

W artykule poddano analizie proces przeobrażania wykrawarki B-20, która stanowi jedną z maszyn wykorzystywanych w procesie produkcyjnym maty bitumicznej. Wybór maszyny B-20 został podyktowany uprzednią przeprowadzoną analizą opartą na wskaźniku efektywności OEE. Analizie wskaźnikowej zostały poddane wszystkie maszyny (kalander, rozwijacz folii procesowej, klejarka S79, rozwijacz flisu, wykrawarka) w okresie pięciu dni roboczych

w systemie trzyzmianowym. Na podstawie otrzymanych wyników wskazano wąskie gardło, którym okazała się wykrawarka B-20 (średnia wartość wskaźnika OEE w badanym okresie wyniosła 73,04%).

Wykrawarka B-20 jest maszyną hydrauliczną, która pod wpływem nacisku siłowników, na podstawie zadanych parametrów, wycinania we wstędze bitumicznej pożądaną kształt. Gotowym częściom kształt nadaje zamontowany w wykrawarce wykrojniki. W procesie stosowane są dwa typy wykrojników (wykrojniki standardowy oraz wykrojniki długie), co stanowi o konieczności przebrojenia maszyny w trakcie procesu produkcyjnego maty bitumicznej. Przebrojenie maszyny odbywa się zgodnie z instrukcją pracy. Wykonywane czynności przebrojenia są podzielone na dwie grupy: ustawienie oraz pierwsze uruchomienie testowe (tabela 4).

Na podstawie instrukcji pracy oraz obserwacji własnych dokonano pomiaru czasów wykonywanych czynności podczas przebrojenia wykrawarki B-20 (tabela 5).

Suma czasów w modelu rzeczywistym wyniosła:

- dla czynności „ustawienie” – 257 s,
- dla czynności „pierwsze uruchomienie testowe” – 26 s,
- dla wszystkich czynności – 283 s.

Przeobrażanie maszyny – propozycje usprawnień

Na podstawie obserwacji własnych oraz dokonanych pomiarów czasu zaproponowano dwa usprawnienia:

Tabela 4

Lista czynności wykonywanych podczas przebrojenia wykrawarki B-20 zgodnie z instrukcją pracy

Lp.	Nazwa czynności wykonywanej podczas przebrojenia wykrawarki B-20
Ustawienie	
1	Obsługa panelu – otwarcie kratki w systemie
2	Fizyczne otwarcie kratki ochronnej
3	Wyjęcie wykrojnika
4	Zabezpieczenie młota przed samoczynnym opadnięciem
5	Wkręcenie prowadnicy
6	Zamontowanie wykrojnika
7	Obsługa panelu – zamknięcie kratki w systemie, ustawienia zerowania narzędzia
8	Wysunięcie rygli zabezpieczających
9	Opuszczenie młota
10	Zerowanie wykrojnika
11	Obsługa panelu – wczytanie parametrów narzędzia
Pierwsze uruchomienie testowe	
1	Włączenie pracy maszyny
2	Wysunięcie rygli zabezpieczających
3	Opuszczenie młota
4	Wykrawanie
5	Uniesienie młota

Źródło: materiały wewnętrzne badanego przedsiębiorstwa.

Tabela 5

Lista czynności wykonywanych podczas przebrojenia wykrawarki B-20 wraz z czasem ich wykonywania w modelu rzeczywistym

Lp.	Nazwa czynności wykonywanej podczas przebrojenia wykrawarki B-20	Czas (s)
Ustawienie		
1	Obsługa panelu – otwarcie kratki w systemie	5
2	Fizyczne otwarcie kratki ochronnej	5
3	Wyjęcie wykrojnika	15
4	Zabezpieczenie młota przed samoczynnym opadnięciem	30
5	Wkręcenie prowadnicy	120
6	Zamontowanie wykrojnika	15
7	Obsługa panelu – zamknięcie kratki w systemie, ustawienia zerowania narzędzia	15
8	Wysunięcie rygli zabezpieczających	2
9	Opuszczenie młota	5
10	Zerowanie wykrojnika	35
11	Obsługa panelu – wczytanie parametrów narzędzia	10
Suma czasu czynności „ustawienie”		257
Pierwsze uruchomienie testowe		
1	Włączenie pracy maszyny	1
2	Wysunięcie rygli zabezpieczających	2
3	Opuszczenie młota	5
4	Wykrawanie	3
5	Uniesienie młota	7
6	Przejazd taśmy	8
Suma czasu czynności „pierwsze uruchomienie testowe”		26
Suma czasu wszystkich operacji		283

Źródło: opracowanie własne.

- 1) mechaniczne obniżenie młota i zmniejszenie dystansu pomiędzy taśmą stalową a wykrojnikiem (model alternatywny I);
- 2) montaż siłowników pneumatycznych w miejsce dotychczas stosowanych śrub (model alternatywny II).

- dla czynności „ustawienie” – 253 s (redukcja względem modelu rzeczywistego o 4 s),
- dla czynności „pierwsze uruchomienie testowe” – 22 s (redukcja względem modelu rzeczywistego o 4 s),
- dla wszystkich czynności – 275 s (redukcja względem modelu rzeczywistego o 8 s).

Model alternatywny I

Grubość wycinanego materiału wynosi 12 mm. Z tego względu zaproponowano mechaniczne obniżenie młota, powodując tym samym zmniejszenie dystansu pomiędzy taśmą stalową a wykrojnikiem. Początkowo osadzenie młota znajdowało się na wysokości 30 cm od taśmy stalowej. Po zaproponowanych zmianach nastąpiło jego obniżenie na wysokość 5 cm, co zmieniło pierwotny dystans o 25 cm (rysunek 4).

Po dokonaniu obniżenia młota przeprowadzono pomiar czasów wykonywanych czynności podczas przebrojenia wykrawarki B-20 w modelu alternatywnym I (tabela 6).

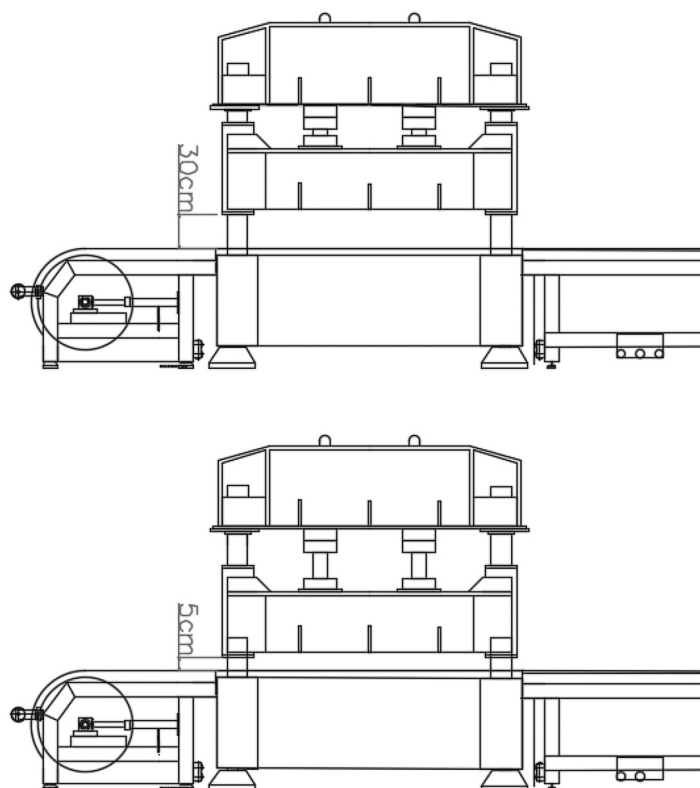
Suma czasów w modelu alternatywnym I wyniosła (tabela 8):

Model alternatywny II

W modelu alternatywnym II uwzględniono propozycje usprawnień zastosowane w modelu alternatywnym I. Dotychczas przebrojenie polegające na zdemontowaniu prowadnicy odbywało się ręcznie za pomocą kluczy. Pracownik wykonujący przebrojenie miał za zadanie wykręcić prowadnicę w celu umożliwienia operatorowi wymiany wykrojnika na dłuższy. Podczas wykonywanej pracy operator musiał zabezpieczyć dodatkowo młot przed samoczynnym opadnięciem. W celu szybszego demontowania prowadnic zrezygnowano ze śrub, zastępując je siłownikami pneumatycznymi (rysunek 5). Po wprowadzeniu tej modyfikacji operator wykrawarki mógł samodzielnie dokonywać zmian szerokości prowadnic w panelu sterującym.

Rysunek 4

Graficzna prezentacja obniżenia osadzenia młota



Źródło: opracowanie własne na podstawie dokumentacji technicznej wykrawarki B-20.

Tabela 6

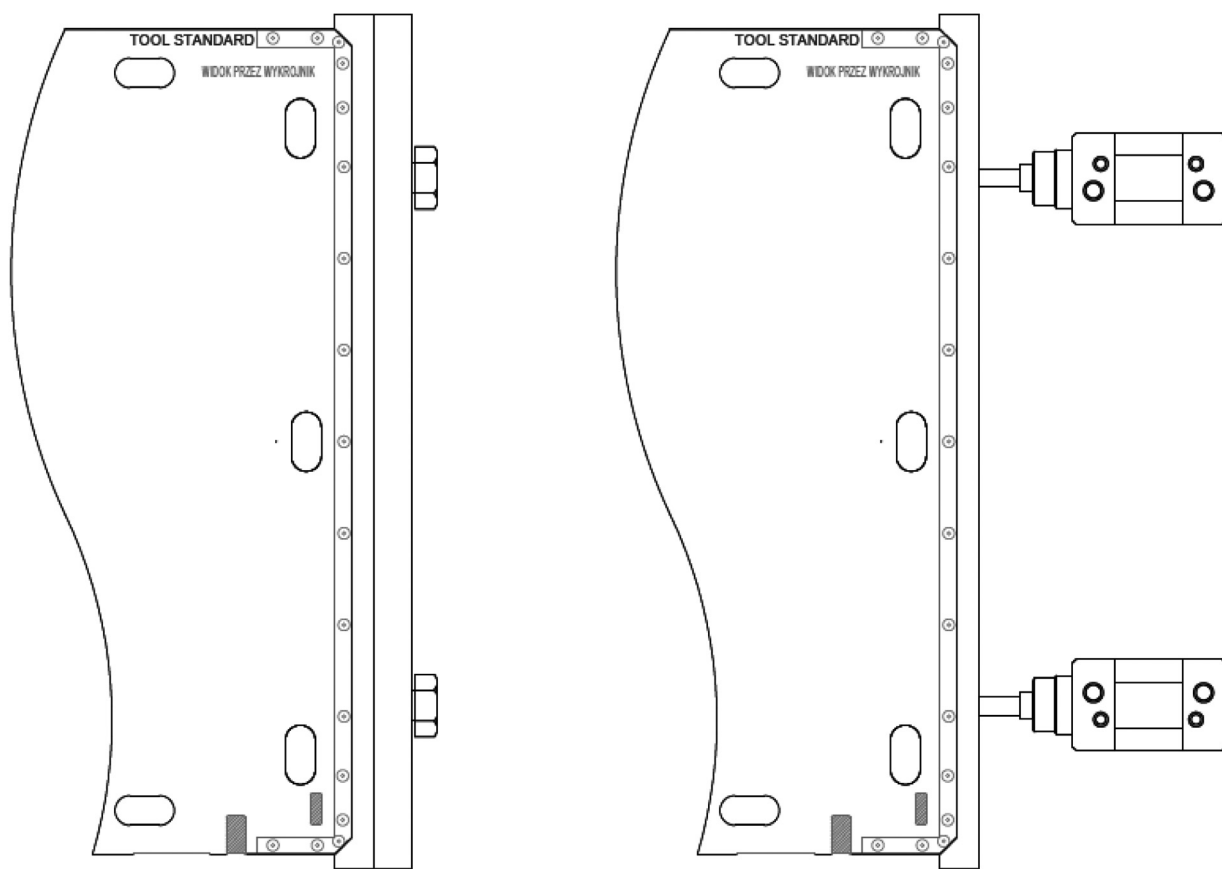
Lista czynności wykonywanych podczas przebrojenia wykrawarki B-20 wraz z czasem ich wykonywania w modelu alternatywnym I

Lp.	Nazwa czynności wykonywanej podczas przebrojenia wykrawarki B-20	Czas (s)
Ustawienie		
1	Obsługa panelu – otwarcie kratki w systemie	5
2	Fizyczne otwarcie kratki ochronnej	5
3	Wyjęcie wykrojnika	15
4	Zabezpieczenie młota przed samoczynnym opadnięciem	30
5	Wkręcenie prowadnicy	120
6	Zamontowanie wykrojnika	15
7	Obsługa panelu – zamknięcie kratki w systemie, ustawienia zerowania narzędzia	15
8	Wysunięcie rygla zabezpieczających	2
9	Opuszczenie młota	1
10	Zerowanie wykrojnika	35
11	Obsługa panelu – wczytanie parametrów narzędzia	10
Suma czasu czynności „ustawienie”		254
Pierwsze uruchomienie testowe		
1	Włączenie pracy maszyny	1
2	Wysunięcie rygla zabezpieczających	2
3	Opuszczenie młota	1
4	Wykrawanie	3
5	Uniesienie młota	7
6	Przejazd taśmy	8
Suma czasu czynności „pierwsze uruchomienie testowe”		22
Suma czasu wszystkich operacji		275

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 5

Graficzna prezentacja zamiany śrub na siłowniki pneumatyczne



Źródło: jak rysunku 4.

Po dokonaniu zamiany sposobu mocowania prowadnicy przeprowadzono pomiar czasów wykonywanych czynności podczas przebrojenia wykrawarki B-20 w modelu alternatywnym II (tabela 7).

Suma czasów w modelu alternatywnym II wyniosła (tabela 8):

- dla czynności „ustawienie” – 108 s (redukcja względem modelu rzeczywistego o 149 s i o 145 s w stosunku do modelu alternatywnego I),
- dla czynności „pierwsze uruchomienie testowe” – 22 s (redukcja względem modelu rzeczywistego o 4 s),
- dla wszystkich czynności – 130 s (redukcja względem modelu rzeczywistego o 153 s i o 145 s wobec modelu alternatywnego I).

Wnioski

Celem opracowania była redukcja czasu przebrojenia maszyny wykrawającej w procesie produk-

cji maty bitumicznej przy zastosowaniu metody SMED. Na podstawie przeprowadzonej analizy opartej na wskaźniku efektywności OEE i otrzymanych wynikach wskazano wąskie gardło w procesie produkcyjnym maty bitumicznej. W parku maszynowym okazała się nim być wykrawarka B-20, której średnia wartość wskaźnika OEE wyniosła 73,04%.

Na podstawie dokumentacji wewnętrznej dokonano pomiaru czasów niezbędnych do wykonania przebrojenia wykrawarki B-20. Suma czasów w modelu rzeczywistym wyniosła: dla czynności „ustawienie” – 257 s, dla czynności „pierwsze uruchomienie testowe” – 26 s, dla wszystkich czynności – 283 s.

Wykorzystując technikę SMED, dokonano usprawnienia procesu przezbierania maszyny w procesie produkcyjnym maty bitumicznej. Jako działania usprawniające proces przezbierania omawianej maszyny zaproponowano:

- 1) mechaniczne obniżenie młota i zmniejszenie dystansu pomiędzy taśmą stalową a wykrojnikiem (model alternatywny I),

Tabela 7

Lista czynności wykonywanych podczas przebrojenia wykrawarki B-20 wraz z czasem ich wykonywania w modelu alternatywnym II

Lp.	Nazwa czynności wykonywanej podczas przebrojenia wykrawarki B-20	Czas (s)
Ustawienie		
1	Obsługa panelu – otwarcie kratki w systemie	5
2	Fizyczne otwarcie kratki ochronnej	5
3	Wyjęcie wykrojnika	15
4	Zabezpieczenie młota przed samoczynnym opadnięciem	0
5	Wkręcenie prowadnicy	0
6	Obsługa panelu – regulacja prowadnicy	5
7	Zamontowanie wykrojnika	15
8	Obsługa panelu – zamknięcie kratki w systemie, ustawienia zerowania narzędzia	15
9	Wysunięcie rygli zabezpieczających	2
10	Opuszczenie młota	1
11	Zerowanie wykrojnika	35
12	Obsługa panelu – wczytanie parametrów narzędzia	10
Suma czasu czynności „ustawienie”		108
Pierwsze uruchomienie testowe		
1	Włączenie pracy maszyny	1
2	Wysunięcie rygli zabezpieczających	2
3	Opuszczenie młota	1
4	Wykrawanie	3
5	Uniesienie młota	7
6	Przejazd taśmy	8
Suma czasu czynności „pierwsze uruchomienie testowe”		22
Suma czasu wszystkich operacji		130

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 8

Porównanie czasu trwania czynności podczas przebrojenia wykrawarki „B-20” wraz z czasem ich wykonywania w modelu rzeczywistym, modelu alternatywnym I oraz modelu alternatywnym II

Lp.	Czas trwania czynności w procesie przebrajania wykrawarki B-20					
	ustawienie		pierwsze uruchomienie testowe		wszystkie operacje	
	czas (s)	oszczędność czasu względem modelu rzeczywistego (s)	czas (s)	oszczędność czasu względem modelu rzeczywistego (s)	czas (s)	oszczędność czasu względem modelu rzeczywistego (s)
Rzeczywisty	257	–	26	–	283	–
Alternatywny I	253	4	22	4	275	8
Alternatywny II	108	149	22	4	130	153

Źródło: opracowanie własne.

2) montaż siłowników pneumatycznych w miejsce dotychczas stosowanych śrub (model alternatywny II).

W rozwiązaniu zaproponowanym w modelu alternatywnym II uwzględniono rozwiązanie zaproponowane w modelu alternatywnym I.

Rozwiązania przyniosły wymierne korzyści w postaci skrócenia czasu przebrojenia omawianej maszyny. Wdrożenie zaproponowanych rozwiązań umożliwiło skrócenie całkowitego czasu przebrojenia maszyny wobec modelu rzeczywistego o 8 s (dla modelu alternatywnego I) oraz o 153 s (dla modelu

alternatywnego II). Do niewątpliwych zalet zastosowania tego rozwiązania, zgodnie z zaletami omawianej koncepcji przedstawionymi w tabeli 3, należą: skrócenie czasu cyklu produkcyjnego, zwiększenie wydajności produkcji, zwiększenie produktywności.

Likwidacja wąskiego gardła poprzez skrócenie czasu przebrojenia wykrawarki B-20 nie spowodowała powstania nowego problemu. Zaprojektowane rozwiązania zostały zarekomendowane do wdrożenia w badanym przedsiębiorstwie i znalazły uznanie, dzięki czemu podjęto decyzję o ich implementacji.

Przypisy/Notes

¹ Zob. także: <https://leanactionplan.pl> (dostęp: 10.11.2022).

Bibliografia/References

Literatura/Literature

- Antosz, K., & Kuźdżał, E. (2015). Doskonalenie procesu przebrajania maszyn montażowych z wykorzystaniem metody SMED. *Technologia i Automatyzacja Montażu*, (1), 49–53.
- Asiński, P., Ciarka, P., & Grudzewski, W. M. (1999). Lean management w zarządzaniu. *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa*, (4), 3–6.
- Baskiewicz, N., & Kadłubek, M. (2017). Wykorzystanie narzędzi Lean Management w celu doskonalenia procesu produkcyjnego wybranego przedsiębiorstwa. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu* (463. Nowe kierunki w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Procesy i projekty w zarządzaniu zmianami), 121–131. <https://doi.org/10.15611/pn.2017.463.10>
- Bertagnolli, F. (2018). *Lean Management*. Springer.
- Chabowski, P., & Żywicki, K. (2013). Wpływ organizacji przebrojeń na efektywność zasobów technicznych. *Inżynieria Maszyn*, 18(1), 60–70.
- Charron, R., Harrington, H. J., Voehl, F., & Wiggin, H. (2014). *The Lean Management Systems Handbook*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b17201>
- Czerska, J. (2009). *Doskonalenie strumienia wartości*. Difin.
- Czyż-Gwiazda, E. (2015). Koncepcja lean management w zarządzaniu organizacją. *Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*, 3, (233), 11–23.
- Dąbrowska, M., & Maciejewska, K. (2022). Optimising the sealing station in production process of tubes for catalytic converters involving SMED method – case study. *Technologia i Automatyzacja Montażu*, (2), 15–23. <https://doi.org/10.7862/tiam.2022.2.3>
- Gorecki, T. (2011). Metodyka skracania czasu przebrojeń SMED. W: A. Świć (Red.), *Innowacyjne Procesy Technologiczne* (84–94). Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej.
- Hopej, M., & Kral, Z. (red.). (2011). *Współczesne metody zarządzania w teorii i praktyce*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
- Helmold, M. (2020). *Lean Management and Kaizen*. Springer International Publishing.
- Jackson, T. L. (1996). *Implementing a Lean Management System*. CRC Press.
- Kasperek, M. (2013). Koncepcja Lean Logistics – analiza stanu istniejącego. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, (5), 2–10.
- Kraśnicka, T., Głód, G., & Pawlak, G. (2014). Ewolucja koncepcji Lean Management i jej zastosowanie w przedsiębiorstwach w Polsce. *Marketing i Rynek*, (5 (CD)), 442–449.
- Kruczek, M., & Żebrucki, Z. (2012). Wykorzystanie techniki SMED w usprawnieniu procesu produkcyjnego. *Logistyka*, (2), 799–806.
- Liker, J. K. (2005). *Droga Toyoty. 14 zasad zarządzania wiodącej firmy produkcyjnej świata*. MT Biznes.
- Liker, J. K., & Meier, D. P. (2011). *Droga Toyoty. Praktyczny przewodnik wdrażania 4P Toyoty*. MT Biznes.
- Lisiecka, K., & Burka, I. (2015). Źródła powstawania marnotrawstwa w organizacjach na przykładzie usługowych przedsiębiorstw ciepłowniczych. *Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*, (233), 75–92.
- Łazicki, A., Samsel, D., Krużycka, L., Brzeziński, A., Matejczyk, M., Nowacki, M., Czołba, M., Leszczyk-Kabacińska, M., & Babalska, D. (2014). *Systemy zarządzania przedsiębiorstwem – techniki Lean Management i Kaizen*. Wiedza i Praktyka.
- Masadyński, M. (2007). Lean Management – antidotum na zatory w przepływie materiałów i informacji. *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa*, (2), 43–51.
- Matwiejczuk, W. (Red.) (2009). *Koncepcje i metody zarządzania*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej.
- Nogalski, B., & Walentyłowicz, P. (2004). Wymiary wdrażania lean management jako koncepcji rozwoju polskich organizacji gospodarczych. *Prace i Materiały Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Gdańskiego*, (2), 181–191.

- Ohno, T. (1990). *Toyota Production System. Beyond Large Scale Production*. Productivity Press.
- Ohno, T. (2008). *System Produkcyjny Toyoty. Więcej niż produkcja na dużą skalę*. ProdPress.
- Sanders, A., Subramanian, K. R., Redlich, T., & Wulfsberg, J. P. (2017). Industry 4.0 and lean management – synergy or contradiction? W: *IFIP international conference on advances in production management systems* (341–349). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66926-7_39
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.
- Szymańska, A. I. (2012). Globalizacja a nowe koncepcje zarządzania przedsiębiorstwem. *Przedsiębiorczość – Edukacja*, (8), 360–372. <https://doi.org/10.24917/20833296.8.26>
- Tsigkas, A. C. (2013). The lean enterprise. W: *The Lean Enterprise* (1–10). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29402-0_1
- Wagner, T., Herrmann, C., & Thiede, S. (2017). Industry 4.0 impacts on lean production systems. *Procedia CIRP*, (63), 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.041>
- Walczak, M. (2006). Techniki organizatorskie w strukturze metody SMED. *Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie*, (713), 123–137.
- Walczak, M. (2014). Metody normatywów elementarnych w redukcji czasów przebiegów. W: M. J. Szymankiewicz, & P. Kuźbik (Red.), *Zarządzanie organizacją z perspektywy metodologicznej*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego. <https://doi.org/10.18778/7969-450-1.15>
- Wawak, S. (2011). *Zarządzanie jakością: podstawy, systemy i narzędzia*. Helion.
- Wolniak, R. (2014). Relationships between selected lean management tools and innovations. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie/Politechnika Śląska*, (75), 157–166.
- Womack, J. P. (2007). Moving beyond the tool age [Lean Management]. *Manufacturing Engineer*, 86(1), 4–5. <https://doi.org/10.1049/me:20070101>
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking. Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster. <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2001). *Odcudzenie firmy: eliminacja marnotrawstwa kluczem do sukcesu*. Centrum Informacji Menedżera.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*. Harper Collins Publishers.
- Zaporowska, Z. (2021). Wybór procesów podlegających lean management – rozważania w kontekście metodyki stosowanej w centrach usług wspólnych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie*, (84), 201–216.
- Zimniewicz, K. (2009). *Współczesne koncepcje i metody zarządzania*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.

Strony internetowe/Websites

<https://leanactionplan.pl> (dostęp: 10.11.2022).

Dr Magdalena Dąbrowska, prof. CWUP

Absolwentka Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu. Obecnie pełni funkcję kierownika Zakładu Inżynierii Produkcji i Logistyki na Wydziale Nauk Technicznych i Ekonomicznych Collegium Witelona Uczelni Państwowej. Brała oraz bierze udział w realizacji wielu projektów współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Jest promotorem wielu prac dyplomowych, których autorzy są nagradzani w licznych konkursach. Jest opiekunem projektów realizowanych przy współpracy z interesariuszami zewnętrznymi (pracodawcami) jako projekty transferowe. Jest współautorką Innowacyjnego Programu Kształcenia dla V poziomu. Pełni funkcję zastępcy przewodniczącego Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją Oddział Dolnośląski.

Inż. Paweł Jokiel

Absolwent Collegium Witelona Uczelni Państwowej w Legnicy. Ukończył studia inżynierskie na kierunku zarządzanie i inżynieria produkcji. Pracował jako konstruktor, a obecnie jest inżynierem procesu. Jest autorem wielu ciekawych projektów, których zastosowanie przełożyło się na poprawę produktywności i wydajności procesu produkcyjnego w przedsiębiorstwach, w których pracował. W 2021 r. dzięki swojemu zaangażowaniu i wieloletniemu doświadczeniu pracował nad poprawą i doskonaleniem procesu produkcyjnego w Stanach Zjednoczonych.

Dr Magdalena Dąbrowska, prof. CWUP

PhD, associate professor. A graduate of the Wrocław University of Economics. Currently, she is the Head of the Department of Production Engineering and Logistics at the Faculty of Technical and Economic Sciences of Collegium Witelona State University. She has participated in implementing many projects the European Union co-financed. She promotes many diploma theses, whose authors are awarded in numerous competitions. She supervises projects implemented in cooperation with external stakeholders (employers) as transfer projects. She is a co-author of the Innovative Education Program for the 5th level. She is the deputy chairman of the Polish Production Management Society – Lower Silesian branch.

Inż. Paweł Jokiel

Eng., a graduate of Witelon Collegium State University in Legnica. He completed first-cycle studies in the field of Management and Production Engineering. He worked as a constructor and is currently a process engineer. He is the author of many exciting projects, the application of which translated into improved productivity and efficiency of the production process in the company where he works. In 2021, through his commitment and many years of experience, he had the opportunity to work on improving the production process in the United States.