

# KONKURS NA NAJLEPSZE PRACE DYPLOMOWE WIMiR

VI Konkurs Na Najlepsze Prace Dyplomowe Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki 2016/2017 – prace inżynierskie



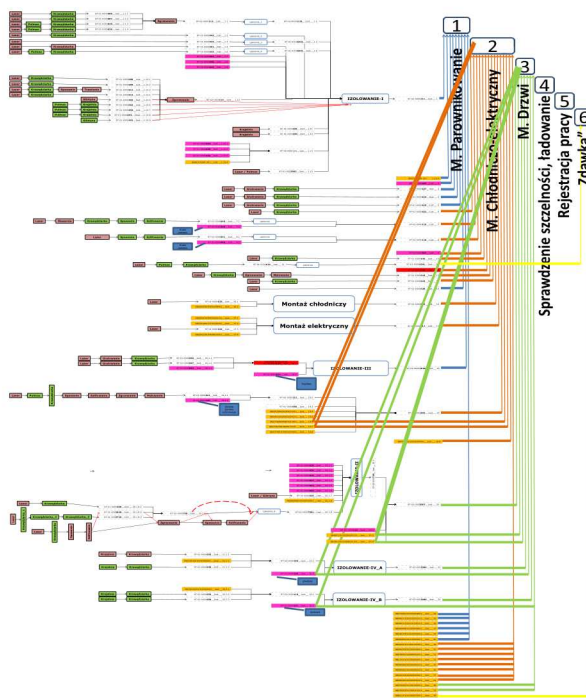
**Paweł CZAPIGA**  
IMiM



## Modelowanie linii produkcyjno-montażowej procesu wytwarzania urządzeń chłodniczych Modeling of the production-assembly line for the manufacturing process of refrigerating equipment

promotor: dr inż. Bożena Zwolińska – Katedra Systemów Wytwarzania

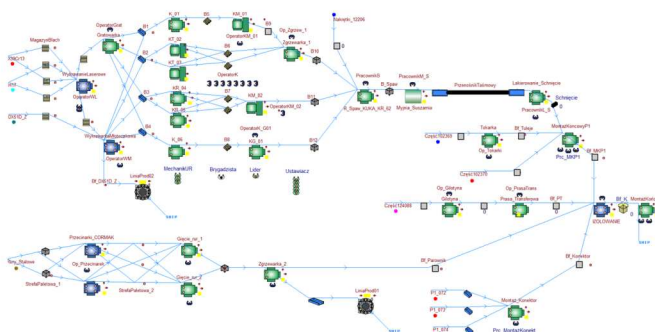
**Streszczenie:** Obecnie wiele firm, zarówno większych jak i mniejszych, kładzie coraz większy nacisk na poszukiwanie różnokierunkowych rozwiązań mających na celu zmniejszenie strat oraz intensyfikację procesów produkcji poprzez nieznaczne zwiększanie nakładów i środków materialnych bądź poprzez wzrost nakładów pracy. Wymagania, jakie stawia konkurencja oraz zmienne warunki otoczenia powodują, iż wprowadzanie inżynierii logistycznej do przedsiębiorstw staje się niezbędne. Rodzi się pytanie, w jaki sposób wytwarzać z większą efektywnością, lecz przy takim wykorzystaniu nakładów czynników produkcji, aby dodatkowe koszty wytworzenia jednostki produktu były minimalne. Jednym z podstawowych rozwiązań jest reorganizacja dotychczasowego systemu produkcyjnego na nowy, często wykorzystujący elementy techniki odchudzonego wytwarzania - Lean Manufacturing. W pracy dokonano analizy procesów przepływu w obrębie jednej z linii produkcyjnych przedsiębiorstwa zajmującego się produkcją urządzeń chłodniczych oraz zaproponowano usprawnienia dotyczące głównie kategorii ustawiania maszyn. W pierwszej części przedstawiono metodologię modelowania obiektów rzeczywistych oraz przeanalizowano dane dotyczące funkcjonowania procesu. Następnie zbudowano model obiektu w programie Witness System Simulation Modeling, pozwalający na przeprowadzenie symulacji badanej linii produkcyjnej. Dzięki jego zastosowaniu możliwa jest natychmiastowa identyfikacja tzw. „wąskich gardeł” i weryfikacja implikacji wprowadzonych w modelu zmian co pozwala na oszacowanie kosztów potencjalnych modyfikacji oraz uniknięcie wprowadzenia nieefektywnych zmian w procesie. Do modyfikacji linii produkcyjnej wykorzystano metodologię SMED, harmonogramowanie zadań, oraz wpływ zmiany wskaźnika EPEI na produkcję. W podsumowaniu przedstawiono wyniki przeprowadzonych analiz.



Rys. 1 Struktura BOM (ang. Bill of Materials)

Przedmiotem rozważań jest przedsiębiorstwo produkcyjne sektora MSP (Małe Średnie Przedsiębiorstwa), zatrudniające około 200 pracowników operacyjnych realizujących cele główne firmy – produkcję urządzeń chłodniczych. Produkty firmy trafiają do klientów całego świata. Głównymi odbiorcami są sieci supermarketów rynków państw europejskich takich jak: niemieckich, angielskich, rosyjskich i inne.

Rozważaniom został poddany konwergentny system wytwórczy, tj. taki w którym w złożonym układzie w wyniku kilku stopni przetwarzania n półproduktów i surowców wejściowych powstaje jeden wyrób finalny. Trudnością w rozważaniach stanowi duża customizacja wyrobów finalnych, która wymusza produkcję w systemie MTO (ang. Make-To-Order). Duża dynamika zmian stanów systemu, determinowana jest również przez restrykcyjne wymagania jakościowe. Szczegółowej analizie został poddany strumień wytwórczy urządzeń chłodniczych koncesjonowanych, przeznaczonych do przechowywania preparatów krwiopochodnych oraz osocza i krioprecypitatu. Rozpatrywane urządzenia chłodnicze w zależności od modelu, składają się z około 160 – 180 sztuk różnych elementów. Urządzenia te posiadają bardzo restrykcyjne wymogi jakościowe, zgodne z ISO 13485 (Systemy Zarządzania Jakością dla Wyrobów Medycznych) oraz znakiem CE0434 (dla urządzeń spełniających warunki Dyrektywy 93/42/EEC). Pozostałe elementy to półprodukty wytwarzane w zakładzie – średnio to około 115 – 120 sztuk różnego rodzaju pozycji ze struktury BOM (ang. Bill of Materials).

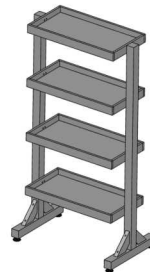


Rys. 2 Model rzeczywistej linii produkcyjno-montażowej procesu wytwarzania urządzeń chłodniczych wykonany w programie Witness System Simulation Modeling

Po przeprowadzeniu analiz w programie Witness System Simulation Modeling stwierdzono, iż głównym czynnikiem determinującym produktywność układu jest blok pras krawędziowych. Celem modernizacji linii była reorganizacja produkcji, polegająca na poprawie przepływu materiału poprzez skrócenie czasu trwania przebrojeń oraz usterek. W celu osiągnięcia postawionego celu posłużono się modyfikacjami za pomocą metod związanych z Lean Management.

### SMED + TPM

W systemach produkcyjnych od czasu przebrojeń zależy elastyczność produkcji. Im dłuższy czas przebrojenia, tym dłuższy czas, w którym maszyna jest bezczynna – nie generuje ona przychodu dla przedsiębiorstwa. W celu redukcji czasu przeznaczanego na przebrojenia powstała koncepcja SMED – Single-Minute Exchange of Die. Inną metodą Lean jest TPM – Total Productive Maintenance, wywodzący się z Japonii. System ten polega na poprawie efektywności parku maszynowego i zmniejszeniu zagrożeń ciągłości produkcji poprzez odpowiednie zorganizowanie współpracy między utrzymaniem ruchu a produkcją.



Rys. 3 Stojak narzędziowy skracający czas poszukiwania narzędzi



Rys. 4 Sześcian priorytetów maszyn stosowany w metodzie TPM



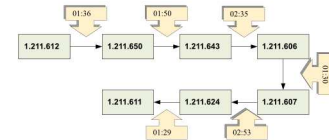
Rys. 5 Etapy wdrażania metody SMED

### Teoria kolejowania

Macierz przebrojeń jest narzędziem pozwalającym zaobserwować czas przebrojenia z jednego elementu na drugi. Umożliwia to określenie najkorzystniejszej pod względem długości trwania kolejności wykonywania przebrojeń z jednego elementu na drugi. Macierz ta zastosowana została do bloku pras krawędziowych.

Tab. 1. Macierz przebrojeń dla KR\_05

Czypek	1.211.606	1.211.607	1.211.611	1.211.612	1.211.624	1.210.643	1.211.609
1.211.606	-	01:30	02:13	03:13	03:26	02:31	05:40
1.211.607	01:30	-	04:22	02:44	02:53	03:17	02:16
1.211.611	02:13	04:22	-	04:09	01:29	04:31	02:47
1.211.612	03:13	02:44	04:09	-	03:40	04:26	01:36
1.211.624	03:26	02:53	01:29	03:40	-	03:39	02:28
1.210.643	02:31	03:17	04:31	04:26	03:39	-	01:50
1.211.609	05:40	02:16	02:47	01:36	02:28	01:50	-



Rys. 6 Kolejność przebrojeń wyznaczona na podstawie macierzy dla prasy krawędziowej KR\_05

Skrócenie czasu przebrojeń o 25%!

### Poziomowanie produkcji

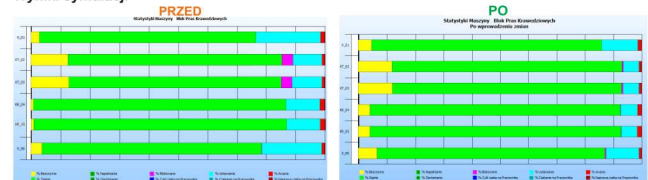
EPEI (ang. Every Part Every Interval) – jest to wskaźnik pomagający w określeniu i ustaleniu wielkości partii produkcyjnej. Służy do reprezentacji częstości wytwarzania wyrobów w danym przedziale czasowym. Rozwiązaniem zaproponowanym dla firmy jest zwiększenie średniej partii produkcyjnej dla każdej z maszyn pomiędzy przebrojeniami o około 30%.

Do zmniejszania wskaźnika EPEI należy podchodzić bardzo ostrożnie. Jeżeli zwiększymy partię produkcyjną, nie mając na nie odpowiedniego popytu (MITS ang. Make-To-Stock) spowoduje to nadprodukcję – będącą jedną z głównych rodzajów MUDY, czyli marnotrawstw w procesach produkcyjnych.

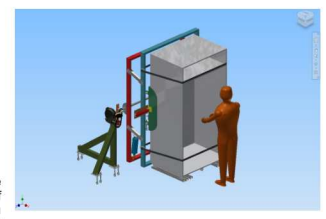


Rys. 7 Siedem marnotrawstw MUDA

### Wyniki symulacji



- Wzrost średnio o 14% liczby operacji
- Eliminacja blokowania się pras
- Spadek średnio o ok. 8% całkowitego czasu przebrojeń
- Wzrost produkcji o 12% w skali miesiąca



Rys. 8 Obrótka brył przestrzennych patentowe nr P.420034

Przez omawiane przedsiębiorstwo zostało zlecone także zadanie zaprojektowania gniazda montażowego do szaf chłodniczych w celu usprawnienia operacji montażu i ograniczenia liczby operatorów. Opracowaniem koncepcji zajęli się 4-osobowy zespół w składzie: dr inż. Michał Maziarz (KKiEM) oraz 3 studentów IMiM: Krzysztof Bobek, Piotr CzapiGA, Paweł CzapiGA.