

Ewelina HAŁAT¹

Opiekun naukowy: Sławomir KUKLA²

ZARZĄDZANIE EKSPLOATACJĄ URZĄDZEŃ TECHNICZNYCH NA PRZYKŁADZIE PRZEMYSŁU CUKIERNICZEGO

Streszczenie: W pracy przedstawiono projekt związany z wykorzystaniem SMED oraz modelowanie stanowisk produkcyjnych w programie Autodesk Inventor. W artykule zaprezentowano zagadnienia dotyczące modelowania, doskonalenia procesów poprzez poprawę wskaźników wykorzystania czasu pracy maszyn i zdolności produkcyjnych. Do wizualizacji realizowanych procesów wykorzystano technikę modelowania i symulacji systemów produkcyjnych.

Słowa kluczowe: Racjonalizacja procesów wytwarzania, przemysł spożywczy, modelowanie i symulacja

TECHNICAL DEVICES MANAGEMENT ON THE EXAMPLE OF THE CONFECTIONERY INDUSTRY

Summary: The work presents a project related to the use of SMED and modelling of production positions in the Autodesk Inventor program. The article presents issues related to modelling and process improvement through the improvement of the indicators of the use of machine working time and production capacity. The process of modelling and simulation of production systems was used to visualize the implemented processes.

Keywords: Rationalization of manufacturing processes, food industry, modelling and simulation

1. Wprowadzenie

Podstawą rozwoju innowacyjności produkcji staje się umiejętność wykorzystywania narzędzi komputerowego wspomaganie prac inżynierskich na etapie projektowania i doskonalenia systemów produkcyjnych. Coraz częściej do analizy funkcjonowania

¹ Inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, Specjalność: Inżynieria Innowacji Przemysłowych, ewelinahalat130695@gmail.com

² dr inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, skukla@ath.bielsko.pl

systemów wykorzystuje się modelowanie 3D oraz symulację komputerową. Zastosowanie narzędzi do wizualizacji i symulacji wspomaga skuteczne zarządzanie organizacją systemów wytwarzania z uwzględnieniem procesów eksploatacji urządzeń technicznych [2, 4, 6].

Szczupła produkcja, to filozofia zarządzania, która ma na celu wyeliminowanie wszelkiego marnotrawstwa oraz doskonalenie jakości procesów i produktów. Produkcja oparta na tej filozofii jest szczupła, ponieważ angażuje mniej wysiłku pracowników, mniej przestrzeni produkcyjnej, mniej maszyn i narzędzi, zasobów czasu itp. Prowadzi także do mniejszej liczby popełnianych błędów, pozwala na produkcję coraz obszerniejszego asortymentu produktów przy utrzymaniu mniejszych zapasów. Konieczne jest eliminowanie marnotrawstwa, aby skrócić czas i drogę przepływów materiałowych od zamówienia do wysłania gotowego produktu klientowi. Za źródła marnotrawstwa uznawane są czynności, które nie podnoszą wartości produktu, a są wykonywane w realizacji procesów generując niepotrzebne koszty [1, 3].

Ważnym aspektem szczupłej produkcji jest racjonalne zarządzanie eksploatacją urządzeń technicznych. Poza dbaniem o wysoką niezawodność maszyn i odpowiednią organizację czynności obsługowych, dąży się do skracania czasów przebrojeń. Krótsze czasy przebrojeń umożliwiają częstsze zmiany wytwarzanego asortymentu, co ma szczególne znaczenie w przemyśle spożywczym.

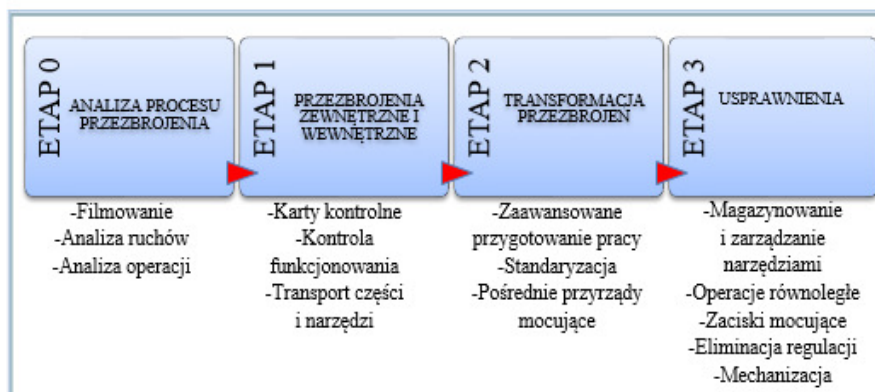
2. Metoda SMED

Metoda SMED umożliwia skrócenie czasów przebrajania maszyn i urządzeń oraz procesów produkcyjnych. Zasadniczym celem SMED jest wykonanie każdego przebrojenia do 10 minut. Możliwe jest to poprzez zastosowanie takich podziałów i ułatwień całego procesu, aby zużyć jak najmniejszą liczbę narzędzi podczas wykonywania przebrojenia.

W metodzie SMED można wyróżnić cztery etapy, które prowadzą do doskonalenia procesu przebrojenia (rysunek 1).

Najistotniejszym etapem w SMED jest etap 1. Faza ta umożliwia rozpoznanie czynności zewnętrznych, które da się zrealizować przed zatrzymaniem maszyny. Głównym celem tego etapu jest rozdzielenie przebrojeń wewnętrznych i zewnętrznych oraz wykluczenie wszystkich działań, które wydłużają niepotrzebnie przebrojenie. Do zasadniczych czynności, które można zaliczyć do marnotrawstwa należą:

- poszukiwanie narzędzi oraz tracenie czasu na ich transport,
- reperowanie narzędzi,
- oczekiwanie na wszelakie ustalenia, a także oczekiwanie na logistykę,
- rozdzielanie i szukanie instrukcji czy parametrów potrzebnych do przebrojenia,
- namyślanie się i częste kontrolowanie.



Rysunek 1. Cztery kroki implementacji metody SMED [7]

Techniką wspierającą skracanie czasów przebrojenia jest stosowanie oznaczeń kolorowych, etykiet, prawidłowe rozmieszczenie narzędzi. Pozwoli to wyeliminować błędy oraz przestoje, które są związane z szukaniem narzędzi. Kolejną techniką odpowiedniego przygotowania przebrojenia jest właściwy transport narzędzi oraz innych przedmiotów. Jakikolwiek transport powinien zachodzić jako działanie zewnętrzne, a organizacja pracy powinna być taka, aby narzędzia czy oprzyrządowanie zostały dostarczone do urządzenia lub procesu, który ulega przebrojeniu zanim maszyna zostanie wyłączona.

Etap drugi umożliwia ponowną weryfikację wykonywanych czynności. Dzięki temu można określić, czy jakieś dane działanie nie zostało pominięte lub niepoprawnie zaliczone do czynności wewnętrznych. Jeśli okaże się, iż dana wykryta czynność należy do czynności wewnętrznych, podejmuje się działania, które spowodują przekształcenie jej na czynności zewnętrzne. Można tego dokonać wykorzystując następujące techniki: wczesnego przygotowania stanowiska pracy, standaryzacji funkcji, wykorzystanie przedmiotów pośrednich.

Etap trzeci jest również bardzo istotny, gdyż polega na udoskonaleniu czynności przygotowawczych operacji zewnętrznych oraz wewnętrznych. Etap ten opiera się na ustanawianiu działań, które mają na celu jak najbardziej skrócić wymiar czasowy trwania działań wewnętrznych. Dotyczy to tych operacji, które nie zostały jeszcze wykluczone w etapie pierwszym oraz też tych, które nie zostały zamienione na działania zewnętrzne w etapie drugim.

Udoskonalenie operacji wewnętrznych odnosi się do:

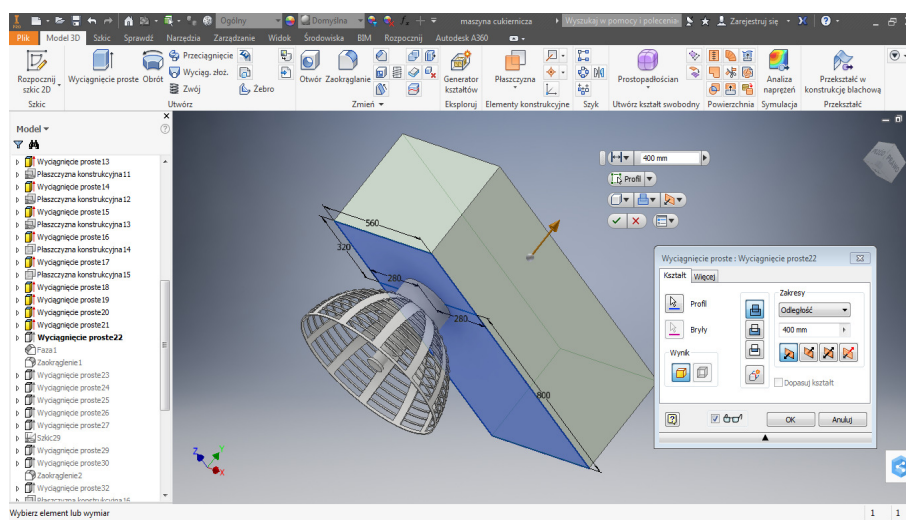
- równoległego wykonywania czynności przezbrajania,
- wykorzystywania wszelakich zacisków mocujących,
- wykluczenia regulacji, wykorzystywania mechanizacji.

Właściwe magazynowanie jak i zarządzanie narzędziami a także przyrządami, które wykorzystywane są w trakcie przebrojeń, oznacza odpowiednie i jednoznaczne rozpoznawanie narzędzi, co uzyskuje się poprzez wykorzystanie stosownych symboli jak np. kodowanie kolorami. Przechowywanie narzędzi powinno mieć miejsce w takiej odległości, aby czas poświęcony na dostarczenie narzędzi do urządzenia nie wpływał na wykonanie operacji zewnętrznych. Często maszyny i urządzenia wymagają przeprowadzenia operacji przygotowawczych. Skutkuje to pokonywaniem dużych odległości przez jednego operatora podczas przebrojeń. Dzięki

wprowadzeniu dodatkowych osób mogących realizować równoległe zadania można znacznie zaoszczędzić czas. Bardzo ważną rzeczą jest, aby dokładnie sprawdzić ustawienie wszystkich narzędzi oraz starannie przeprowadzić proces przebrojenia według określonych wymogów [5, 7].

3. Modelowanie w programie Autodesk Inventor

Inventor to program komputerowy typu CAD, który jest rozpowszechniany przez firmę Autodesk. Program służy do modelowania projektowanych części, zespołów, urządzeń, a nawet całych gniazd czy wydziałów produkcyjnych. Na podstawie modelu 3D możliwe jest wykonanie rysunków wykonawczych, złożeniowych, poglądowych, ofertowych i innych. Tworząc projekt w Autodesk Inventor, konstruktor przede wszystkim koncentruje się na zbudowaniu kompletnego modelu 3D projektowanej maszyny czy urządzenia. Gdy model jest już gotowy i zatwierdzony, program Inventor pomaga w tworzeniu płaskiej dokumentacji rysunkowej, wykonując automatycznie rzuty rysunkowe, przekroje, tworząc listę części, itp. Wszystkie zmiany wprowadzone w modelu są automatycznie uwzględniane na wszystkich rysunkach w przestrzeni 2D. Program pozwala również na stworzenie własnych bibliotek parametrycznych części. Na rysunku 2 przedstawiono fragment modelu modułu przykładowej maszyny projektowanej w tym oprogramowaniu [2].



Rysunek 2. Projektowanie w Autodesk Inventor

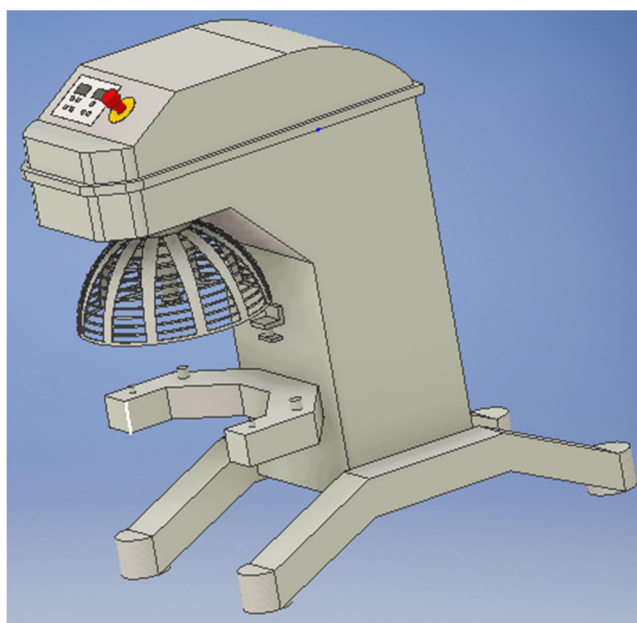
Autodesk Inventor został zaprojektowany do pracy z zespołami składającymi się nawet z kilkunastu tysięcy elementów. Inventor został stworzony, aby pomóc i wspierać potrzeby nowoczesnego projektanta i inżyniera. Zawiera profesjonalne narzędzia do projektowania 3D elementów mechanicznych, tworzenia dokumentacji i symulacji produktów. Opierając się na szerokim zakresie możliwości modelowania

i zaawansowanych narzędzi do automatyzacji projektowania, Inventor w nowej wersji 2019 stanowi kolejny krok w kierunku profesjonalnej inżynierii 3D.

4. Prezentacja wyników badawczych

Obiektem badań w artykule jest przedsiębiorstwo cukiernicze. Firma na bieżąco dba o rozwój i wykonuje niezbędne remonty. Przedsiębiorstwo oferuje bogatą ofertę m.in.: ciasta, ciasteczka oraz torty. W ramach badań analizie poddano proces wykonywania sernika z brzoskwiniami oraz ciasta oreo. Wybrano te produkty, gdyż są produkowane w dużych ilościach oraz istotnie wpływają na funkcjonowanie całego przedsiębiorstwa.

W programie Autodesk Inventor zaprojektowano modele 3D wybranych stanowisk produkcyjnych dla wizualizacji zachodzących procesów oraz prowadzenia szkoleń dla pracowników. Na rysunku numer 3 przedstawiono przykładowy model maszyny cukierniczej.



Rysunek 3. Przykład maszyny cukierniczej zamodelowanej w Autodesk Inventor

Modelowanie stanowisk produkcyjnych w Autodesk Inventor można wykorzystać do wizualizacji oraz reorganizacji pracy na stanowiskach przygotowania ciast, w szkoleniach pracowników, w poprawie ergonomii pracy oraz w optymalizacji i standaryzacji przebrojeń maszyn.

Wdrożenie metody SMED wymagało powołania zespołu projektowego zajmującego się analizą stanu dotychczasowego i wdrożeniem zaproponowanych usprawnień. Przystępując do etapu 0 zauważono, że pracownik obsługujący maszynę mieszającą nie rozróżnia czynności zewnętrznych i wewnętrznych. Czynności, które mogą być wykonane podczas pracy maszyny realizowane są dopiero po jej wyłączeniu.

Pracownik np. może szukać wózka na przewiezienie masy jeszcze zanim maszyna zostanie wyłączona. Z analizy jasno wynika, że niektóre czynności można całkowicie usunąć, a dzięki temu, że przedsiębiorstwo wdrożyło 5S można także skrócić czas przygotowawczy poprzez ustalenie miejsc znajdowania się oprzyrządowania, aby zaoszczędzić czas na jego szukanie.

Oba ciasta wykonywane są przez całą jedną zmianę roboczą (3 partie sernika z brzoskwiniami i 3 partie oreo), czyli w ciągu 480 min. Oprócz głównych procesów pracownik wykonuje inne czynności takie jak: myje maszynę oraz przezbiera ją. Zespół wdrożeniowy zauważył, że mycie mogłoby być wykonywane podczas pracy maszyny, ale tylko pod warunkiem, że firma będzie w posiadaniu dodatkowego oprzyrządowania. Przezbieranie zajmuje około 11% czasu w ciągu całej zmiany, dlatego zespół podejmie kolejne działania, aby usprawnić czynności związane z przezbieraniem maszyny.

W drugim etapie zespół ma na celu rozdzielenie czynności zewnętrznych od wewnętrznych podczas dokonywania przezbierania maszyny z sernika z brzoskwiniami na ciasto oreo, a także pomiędzy poszczególnymi partiami ciasta. W celu łatwiejszego rozpoznania sytuacji sporządzono kartę przebiegu przezbierania (Tabela 1).

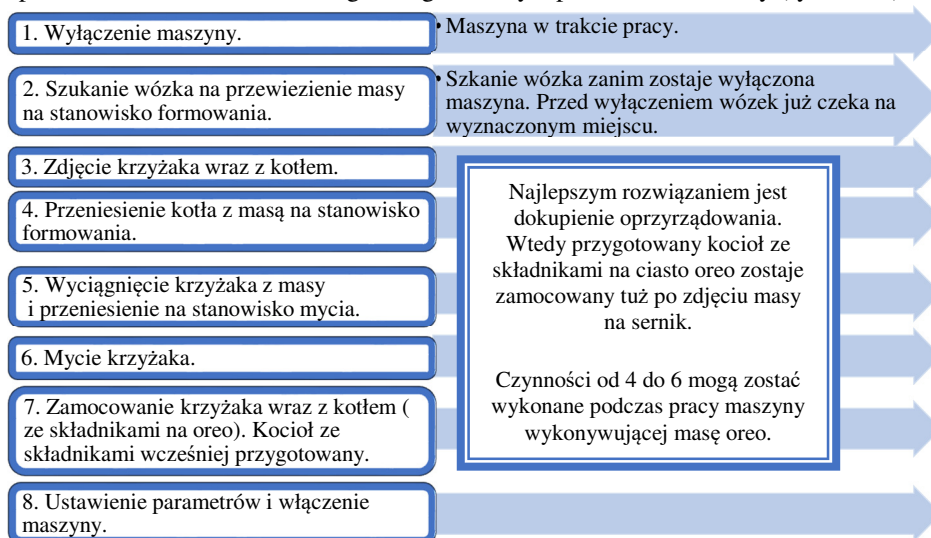
Tabela 1. Karta przebiegu czynności obsługowych

ARKUSZ OBSERWACJI- KARTA PRZEBIEGU CZYNNOŚCI OBSŁUGOWYCH					Data: 08.10.2018r.
Stanowisko: Maszyna mieszająca		Analizował: Ewelina Hałat			
Lp.	Opis czynności	Czas trwania [min.]	Wewnętrzne	Zewnętrzne	Uwagi
1	Wyłączenie maszyny.	0,08	x		
2	Szukanie wózka na przewiezienie masy na stanowisko formowania.	3,5	x		Strata czasu na szukanie wózka.
3	Zdjęcie krzyżaka wraz z kotłem.	0,5	x		
4	Przeniesienie kotła z masą na stanowisko formowania.	0,2	x		
5	Wyciągnięcie krzyżaka z masy i przeniesienie na stanowisko mycia.	2,5	x		
6	Mycie krzyżaka.	3	x		
7	Zamocowanie krzyżaka wraz z kotłem (ze składnikami na oreo). Kocioł ze składnikami wcześniej przygotowany.	0,5	x		
8	Ustawienie parametrów i włączenie maszyny.	0,1	x		
Suma		10,38	10,38	0	

Po sporządzeniu arkusza uzyskano czas przezbierania równy 10,38 minut. Przy przezbieraniu widać, że pracownik traci czas na szukanie wózka, który służy do

przewiezienia wyrobionej masy. Oprócz tego wiele czasu jest marnowanego na wyciągnięcie krzyżaka z masy i jego umycie.

Przechodząc do kolejnego etapu zespół wdrożeniowy postanowił zmienić czynności wewnętrzne w zewnętrzne, co spowoduje skrócenie czasu przezbrajania. Poniżej przedstawiono schemat, według którego zostały wprowadzone zmiany (rysunek 4).



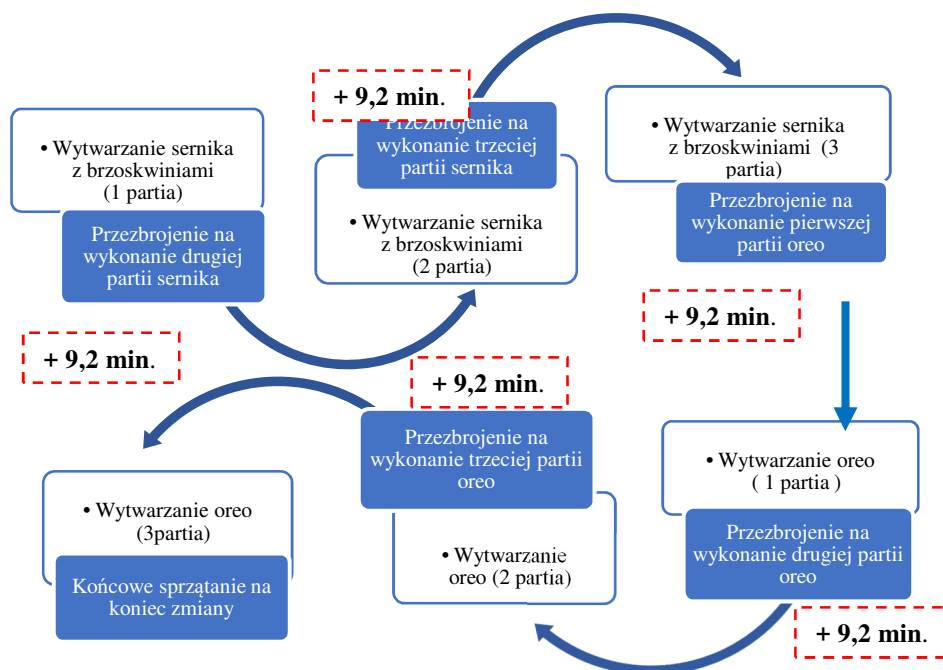
Rysunek 4. Transformacja przebrojeń

Jak się okazało po wprowadzonych zmianach udało się zaoszczędzić aż 9,2 min. przy przezbrajaniu maszyny z sernika na wykonywanie ciasta oreo oraz przy obsłudze między kolejnymi partiami ciasta.

Biorąc pod uwagę, że w ciągu zmiany wykonywane są 3 partie sernika i 3 partie ciasta oreo można zaoszczędzić znacznie więcej czasu, jeżeli przezbrajania będą dokonywane zgodnie z zaleceniami. Na rysunku 5 znajduje się przebieg przezbrajania wykonywany w ciągu jednej zmiany.

Dzięki SMED można zyskać szacunkowo ponad 45 min w ciągu jednej zmiany. Jest to bardzo dużo. zaoszczędzony czas może być wykorzystany na wykonanie jeszcze jednej partii ciasta oreo.

Metoda SMED dała oczekiwany efekt. Pozwoliła skrócić czas czynności obsługowych aż o 45 minut na zmianę. Głównymi działaniami, które spowodowały ten wynik było podzielenie czynności obsługowych na zewnętrzne i wewnętrzne oraz lepsze wykorzystanie czasu poprzez zakupienie dodatkowego oprzyrządowania, co pozwoliło wyeliminować mycie oprzyrządowania przy wyłączonej maszynie.

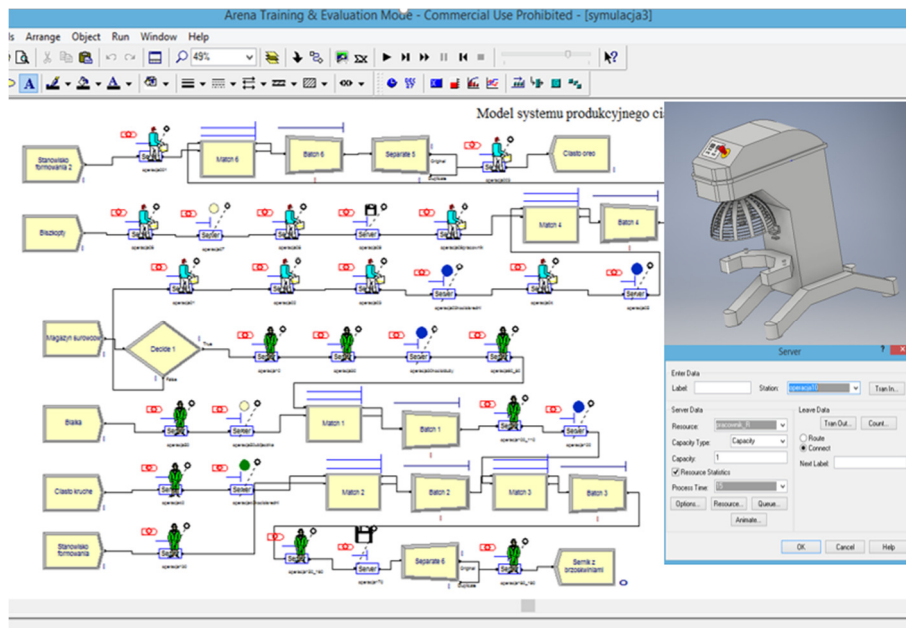


Rysunek 5. Przebieg przebrożeń maszyny mieszającej w ciągu jednej zmiany

5. Wizualizacja procesów wytwarzania

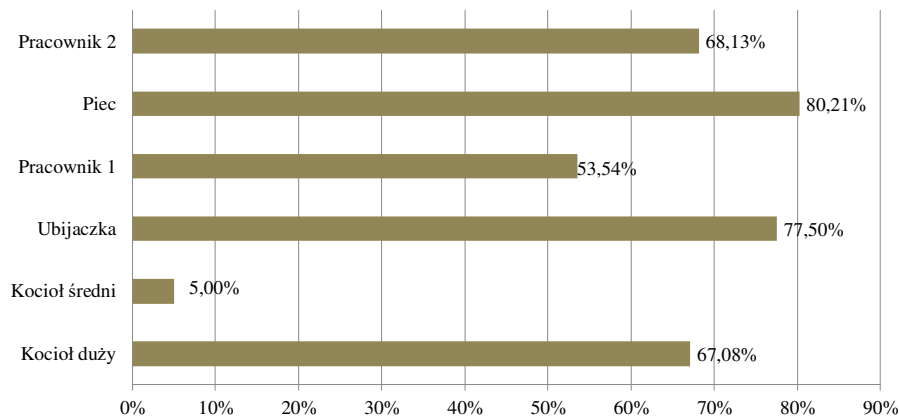
Dla wizualizacji procesów wytwarzania wybranych gatunków ciast (sernik i oreo) oraz doskonalenia przepływów materiałowych opracowano model symulacyjny systemu w programie Arena (rysunek 6). Po zbudowaniu modelu sprawdzono jego poprawność porównując wyniki z eksperymentu symulacyjnego z wynikami zaobserwowanymi w systemie rzeczywistym.

Sprawdzony i zatwierdzony model posłuży do celów szkoleniowych pracowników oraz do analizowania problemów występujących w procesach wytwarzania oraz procesach obsługi eksploatacyjnej.



Rysunek 6. Wizualizacja przebiegu procesu w programie

Na rysunku 7 przedstawiono przykładowe wyniki eksperymentu symulacyjnego obrazujące wykorzystanie poszczególnych zasobów produkcyjnych przy wytwarzaniu dwóch gatunków ciast.



Rysunek 7. Analiza wykorzystania zasobów produkcyjnych na podstawie raportów z symulacji

6. Podsumowanie i wnioski

W analizowanym przykładzie procesu pieczenia ciast wyniki przeprowadzonych analiz pozwoliły wychwycić czynniki, które zaburzały proces i utrudniały realizację wymagań odnoszących się do specyfikacji wyrobu.

Narzędzia odchudzonego wytwarzania dają wiele korzyści m.in. to możliwość redukcji kosztów, skrócenie czasu produkcji czy też poprawianie jakości wyrobów jak i warunków pracy. W przedsiębiorstwie cukierniczym również można z powodzeniem stosować różne narzędzia i metody odchudzonego wytwarzania, aby ciągle doskonalić procesy produkcyjne.

W wyniku przeprowadzonych analiz dotyczących wytwarzania sernika z brzoskwiniami oraz ciasta oreo poprawiono znacznie wydajność, warunki pracy oraz świadomość pracowników. Udało się również znacząco skrócić czasy przebiegów, a dzięki temu będzie można wytwarzać więcej ciast i w mniejszych partiach produkcyjnych.

Projektowanie oraz analiza systemów wytwórczych wymaga podejmowania mnóstwo decyzji projektowych. Techniki modelowania i symulacji może być jednym ze skutecznych narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji w zakresie doboru liczby pracowników, maszyn i urządzeń, kształtowania przepływów materiałowych oraz zarządzania eksploatacją urządzeń produkcyjnych.

Modelowanie stanowisk produkcyjnych w przestrzeni 3D może zostać wykorzystane do wizualizacji oraz reorganizacji pracy na stanowiskach przygotowania ciast, a także w szkoleniach pracowników związanych np. z obsługą autonomiczną. Na podstawie modelu stanowiska można przygotować instrukcję pracy standaryzowanej przy przebieganiu, aby móc często przebiegać maszyny i w krótkim czasie produkując świeże ciasta na zamówienie klientów i w wymaganych ilościach.

LITERATURA

1. ANTOSZ K., PACANA A., STADNICKA D., ZIELECKI W.: Lean Manufacturing doskonalenie produkcji, Wydawnictwo Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2016.
2. JASKULSKI A.: Autodesk Inventor Professional 2014PL/2014+/Fusion/Fusion 360 - Metodyka projektowania. PWN, Warszawa, 2013.
3. HAŁAT E., KUKLA S.: Improvement and visualization of manufacturing processes in the food industry. Wydawnictwo Fundacji Centrum Nowych Technologii, InvEnt 2017.
4. MACIĄG A., PIETROŃ R., KUKLA S.: Prognozowanie i symulacja w przedsiębiorstwie. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2013.
5. PAJĄK E., KLIMKIEWICZ M., KOSIERADZKA A.: Zarządzanie produkcją i usługami, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2014.
6. PLINTA D.: Modelowanie i symulacja procesów produkcyjnych. Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno – Humanistycznej w Bielsku – Białej, Bielsko-Biała 2015.
7. SMED – skracanie czasów przebiegów maszyn i urządzeń, <http://lean.org.pl/smed-czyli-skracanie-czasow-przebiegow-maszyn-i-urazden>, 25.10.2018