

# 5

## SKRACANIE CYKLU PRODUKCYJNEGO NA PRZYKŁADZIE PRODUKCJI SYSTEMÓW OŚWIETLENIA AWARYJNEGO

### 5.1 WPROWADZENIE

Skuteczne zarządzanie przedsiębiorstwem uwarunkowane jest obecnie w dużym stopniu przez konieczność eliminowania wszelkiego marnotrawstwa pojawiającego się w trakcie realizacji procesów biznesowych. W tym kontekście zarządzanie procesem produkcyjnym powinno uwzględniać ciągły monitoring efektywności realizowanych działań. Marnotrawstwa występujące podczas produkcji są często wynikiem problemów związanych z nieprawidłową organizacją pracy na poszczególnych stanowiskach. Po zidentyfikowaniu tych problemów, należy usunąć ich przyczyny w celu udoskonalenia procesów produkcyjnych. Dla kadry kierowniczej zwiększenie efektywności produkcji jest sporym wyzwaniem i często wiąże się z koniecznością poniesienia sporych nakładów inwestycyjnych na ten cel. Często skutecznym sposobem poprawy efektywności jest unowocześnienie procesów produkcyjnych poprzez zastąpienie dotychczasowych maszyn nowocześniejszymi i bardziej wydajnymi. Takim działaniom sprzyjają różnego rodzaju fundusze przyznawane na wdrażanie innowacyjnych procesów produkcyjnych i związaną z nimi modernizację parku maszynowego. Jednak w przypadku braku możliwości pozyskania finansowania dla celów inwestycyjnych, przedsiębiorstwo może wprowadzić zamiast tego modyfikacje o charakterze organizacyjnym, które wymagają znacznie mniejszych nakładów.

Punktem wyjścia do zaproponowania wszelkich modyfikacji procesów zmierzających do ich doskonalenia, powinna być skrupulatna obserwacja tych procesów, jak również bieżące wysłuchiwanie wszelkich uwag pochodzących od pracowników. Pracownicy zajmujący się bezpośrednio produkcją mają, bowiem najlepsze rozeznanie w praktycznych aspektach związanych z bezpośrednią realizacją procesów.

W literaturze przedmiotu znaleźć można wiele publikacji odnoszących się do poprawy efektywności produkcji [1, 3, 14]. Wyróżniającą się wśród metod optymalizacji procesów produkcji jest metoda Lean Management, w skład której wchodzi m.in. technika 5S. Z pozoru może wydawać się, że utrzymywanie ładu i porządku na stanowisku pracy to mało znaczący szczegół, który nie ma bezpośrednio wpływu na efektywność realizowanej produkcji. Jednak, jak pokazuje praktyka [2, 7, 8], czynnik ten może znacząco wpływać na

wydłużenie czasu realizacji poszczególnych etapów procesu produkcyjnego. W pierwszej kolejności objawia się to poprzez czasochłonne poszukiwanie narzędzi bądź materiałów do produkcji, a z tego już bezpośrednio wynika marnotrawstwo czasu. W wyniku marnotrawstwa czasu pogarsza się efektywność wykonywanych działań.

W niniejszym artykule autorzy posłużyli się wybranymi narzędziami i technikami Lean Management w celu skrócenia cyklu produkcyjnego wytypowanego systemu oświetlenia awaryjnego, wytwarzanego w badanym przedsiębiorstwie produkcyjnym. Przeprowadzone badania obejmowały analizy przepływu materiału z wykorzystaniem diagramu spaghetti, obserwację czasu roboczego w oparciu o metodę chronometrażową oraz modyfikację stanowisk pracy z wykorzystaniem techniki 5S.

## 5.2 ISTOTA CYKLU PRODUKCYJNEGO

Głównym powodem tworzenia systemów produkcyjnych jest potrzeba wytwarzania określonych produktów w celu zaspokojenia zidentyfikowanego popytu rynkowego. Sam system produkcyjny należy rozumieć jako celowo zaprojektowany układ techniczny, w którym dochodzi do przekształceń surowców materiałowych, zasobów energetycznych oraz informacji, w wyniku czego powstają wyroby gotowe przeznaczone dla klientów. W ramach systemu produkcyjnego realizowane są procesy produkcyjne, które przebiegają najczęściej na kilku bądź nawet kilkunastu stanowiskach roboczych [5, 13].

Procesy produkcyjne określane są m.in. cyklami produkcyjnymi, czyli przedziałem czasu pomiędzy terminem rozpoczęcia procesu produkcyjnego a terminem jego zakończenia [9]. Czas rozpoczęcia cyklu produkcyjnego wyznacza moment pobrania porcji surowca z magazynu materiałów i przekazania go do odpowiedniego działu produkcyjnego. Zakończeniem cyklu produkcyjnego jest natomiast moment, w którym końcowy wyrób zostaje w pełni wykonany i przekazany do magazynu wyrobów gotowych [10]. Okresy, które obejmuje cykl produkcyjny dzielą się na dwa typy: czas roboczy oraz czas przerw. Czas roboczy obejmuje składowe takie jak [4] czas:

- wykonywania operacji technologicznych,
- wykonywania czynności kontrolnych oraz pomiarowych,
- dotyczący czynności związanych z magazynowaniem,
- konieczny do wykonania konserwacji maszyn i urządzeń,
- czynności transportowych.

Czas realizacji wyżej wymienionych czynności wynika wprost z wykorzystywanych technologii produkcyjnych oraz metod organizacji procesu produkcyjnego. Wiąże się on również z rodzajem, jak i wielkością partii produkcyjnej, ale również części, bądź serii produkowanego wyrobu. Czas ten odnosi się także do struktury procesu produkcyjnego, struktury produkcyjno-administracyjnej przedsiębiorstwa, jak również jego struktury przestrzennej. Duży wpływ na trwanie czasu roboczego ma również zastosowana odmiana organizacji produkcji (np. stacjonarna, potokowa, niepotokowa, itd.) [11, 12].

Czas przerw występujących w procesie produkcyjnym dzieli się z kolei na przerwy wynikające z zastosowanego rodzaju organizacji procesu produkcji oraz ze sposobu

organizacji dnia roboczego. Odstępny czasowe w realizacji danego procesu wynikają z oczekiwania na zwolnienie danego stanowiska roboczego oraz czasu, jaki trzeba poświęcić na kompletowanie detali w magazynach. Przerwy związane ze sposobem organizacji dnia roboczego dotyczą dni określonych jako wolne od pracy, okresu trwania przerw międzyzmianowych, zaplanowanych przerw związanych z posiłkiem, a także przerw wynikających z urlopów bądź przeprowadzanych remontów [4].

### 5.3 METODY ORGANIZACJI CYKLU PRODUKCYJNEGO

Organizacja cyklu produkcyjnego może być realizowana według trzech podstawowych metod [4]: szeregowej, równoległej bądź szeregowo-równoległej.

Metoda szeregową porządkuje realizację czynności produkcyjnych w sposób najmniej efektywny dla przedsiębiorstwa – według tej metody każda następna czynność wykonywana jest po zakończeniu czynności jej poprzedzającej. W ramach tej metody okres technologiczny dla całości danej partii wyrobów wynika z określenia sumy wszystkich czasów realizowanych czynności technologicznych i wyrażany jest wzorem (5.1).

$$O_{tszt} = w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_n = w \sum_{i=1}^m t_i \quad (5.1)$$

gdzie:  $w$  – ilość wyrobów w danej partii,  
 $m$  – ilość występujących operacji technologicznych,  
 $t_i$  – okres trwania  $i$ -tej operacji.

Szeregowy przebieg cyklu produkcyjnego odznacza się wysokim stopniem użycia dostępnych stanowisk roboczych oraz ciągłością realizowanej produkcji. Dzięki prostocie tej metody znajduje ona swoje zastosowanie głównie w warunkach produkcji jednostkowej, małoseryjnej lub w procesach montażu [4].

Metoda równoległa organizacji cyklu produkcyjnego charakteryzuje się przekazywaniem detali do kolejnych operacji od razu po zakończeniu czynności w etapie poprzednim. Oznacza to, że obróbka jednej partii realizowana jest równocześnie w różnych operacjach, na kilku stanowiskach roboczych. Czas trwania okresu technologicznego dla metody równoległej wyraża wzór (5.2):

$$O_{tr} = \sum_{i=1}^m t_i + (w - 1)t_{max} \quad (5.2)$$

gdzie:  $t_i \dots t_n$  – okres trwania określonych operacji,  
 $t_i$  – czas trwania  $i$ -tej operacji,  
 $w$  – ilość wyrobów w danej partii,  
 $t_{max}$  – największy czas trwania realizowania operacji.

Zastosowanie metody równoległej umożliwia wprowadzić skrócenie okresu technologicznego, ale jednocześnie powoduje wzrost ilości wykonywanych przezbrojeń oraz wzrost ilości występujących operacji transportowych [4].

Metoda szeregowo-równoległa charakteryzuje się z kolei realizacją partii wyrobów na zasadzie bieżącego przekazywania partii obrabianych detali do kolejnej operacji. Nie występuje tu okres oczekiwania na całkowite zakończenie obróbki danej partii wyrobów przez poprzednie stanowisko, dzięki temu okres technologiczny automatycznie ulega skróceniu i można wyrazić go wzorem (5.3).

$$O_{tsz,r} = w \sum_{i=1}^m t_i - (w - 1) \sum_{i=1}^{m-1} t_{mn,i} \quad (5.3)$$

gdzie:  $w$  – ilość wyrobów w danej partii,  
 $m$  – ilość występujących operacji technologicznych,  
 $t_i$  – okres trwania  $i$ -tej operacji,  
 $t_{mn,i}$  – okres trwania operacji krótszej w każdej następną parze operacji.

Metoda szeregowo-równoległa, w zestawieniu z metodą szeregową, wywołuje w wysokim stopniu skrócenie cyklu produkcyjnego i jednocześnie wzrost częstotliwości koniecznych do wykonania operacji transportowych. Metoda ta odznacza się również wysokim stopniem wykorzystania stanowisk roboczych, jak i ciągłości realizowanego procesu produkcyjnego. Znajduje ona zastosowanie przy występowaniu długich czasów trwania czynności obróbkowych dla warunków asynchronicznych danego procesu produkcyjnego [4].

Istotną rolę w podnoszeniu efektywności produkcji pełni skracanie cyklu produkcyjnego. Poprzez pełne wykorzystanie czasu trwania pracy maszyn i urządzeń można w znaczny sposób zwiększyć produkcję bez konieczności ponoszenia dodatkowych Nakładów. Umożliwia to zredukowanie kosztów własnych produkcji współzależnych z zamrożeniem środków obrotowych. Wyróżnia się wiele metod umożliwiających skracanie cyklu produkcyjnego, m.in. [4, 6]:

- wykorzystanie w procesach produkcyjnych maszyn i urządzeń o lepszej wydajności niż dotychczas,
- redukcja czasów pomocniczych dotyczących trwania okresów międzyoperacyjnych jak również automatyzacji produkcji,
- unowocześnienie systemu organizacji wraz z technologią wykorzystywaną podczas realizacji procesów montażu i pakowania towaru,
- wykorzystanie metod usprawniających w znaczny sposób przepływ materiałów przez określone etapy procesu produkcyjnego w ramach synchronizacji produkcji oraz regulacji przerw międzyoperacyjnych,
- zastosowanie automatyzacji wspieranej komputerowo, jak również systemów produkcyjnych cechujących się elastycznością.

Analizy przeprowadzone w niniejszym artykule dotyczą skracania cykli produkcyjnych zarówno z wykorzystaniem rozwiązań technicznych, jak i organizacyjnych.

#### 5.4 ANALIZA CYKLI PRODUKCYJNYCH W WYBRANYM PRZEDSIĘBIORSTWIE

Badane przez autorów przedsiębiorstwo produkcyjne zajmuje się wytwarzaniem oświetlenia awaryjnego. Oświetlenie tego typu wykorzystywane jest w wypadku wystąpienia awarii zasilania urządzeń służących do oświetlenia podstawowego. W badanym przedsiębiorstwie produkowane są dwa typy oświetlenia awaryjnego:

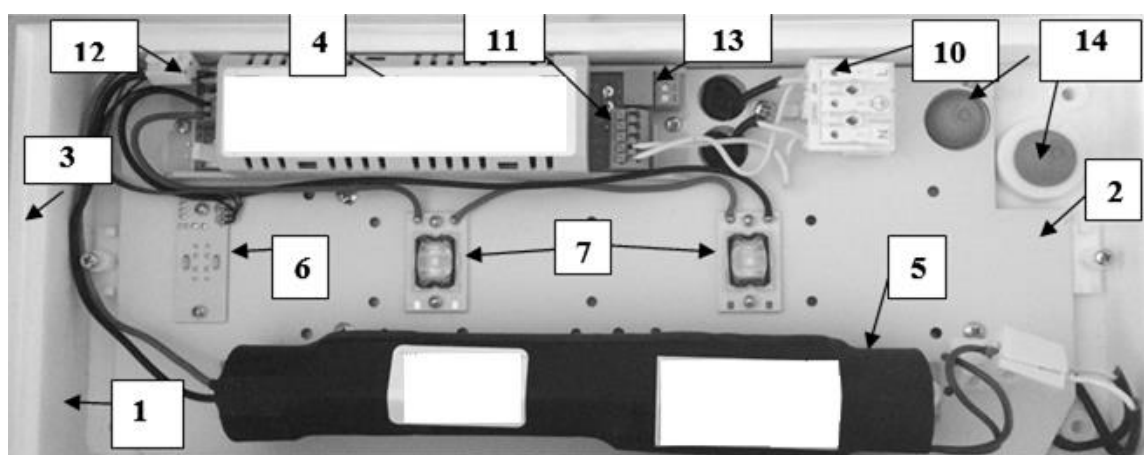
- oprawy kierunkowe,
- oprawy doświetlające.

Oprawy kierunkowe to oświetlenie, które ma za zadanie umożliwić bezpieczne przemieszczanie się ludzi w sytuacji zaniku zasilania podstawowego, dzięki wskazaniu

dróg ewakuacyjnych. W oprawach tego typu stosuje się wybrane piktogramy, które umożliwiają wskazanie kierunku przebiegu drogi ewakuacyjnej lub lokalizacji sprzętu przeciwpożarowego.

Oprawy doświetlające są to natomiast oprawy, do których nie stosuje się piktogramów. Ich zadaniem jest wyłącznie doświetlenie drogi ewakuacyjnej. Oświetlenie tego typu umożliwia również kontynuowanie trwających czynności roboczych po wystąpieniu zaniku zasilania podstawowego.

Wybrany przez autorów do analizy proces produkcyjny dotyczy oprawy awaryjnej o charakterze doświetlającym. Oprawa ta przydatna jest do oświetlenia powierzchni z dużych wysokości, w takich obiektach jak hale sportowe, hale produkcyjne czy magazyny wysokiego składowania. Znajduje swoje zastosowanie przy doświetleniu dróg ewakuacyjnych i przestrzeni otwartych. Na rys. 5.1 przedstawiono rzeczywisty wygląd oprawy doświetleniowej, po zdjęciu z niej obudowy.



Rys. 5.1 Doświetlająca oprawa awaryjna

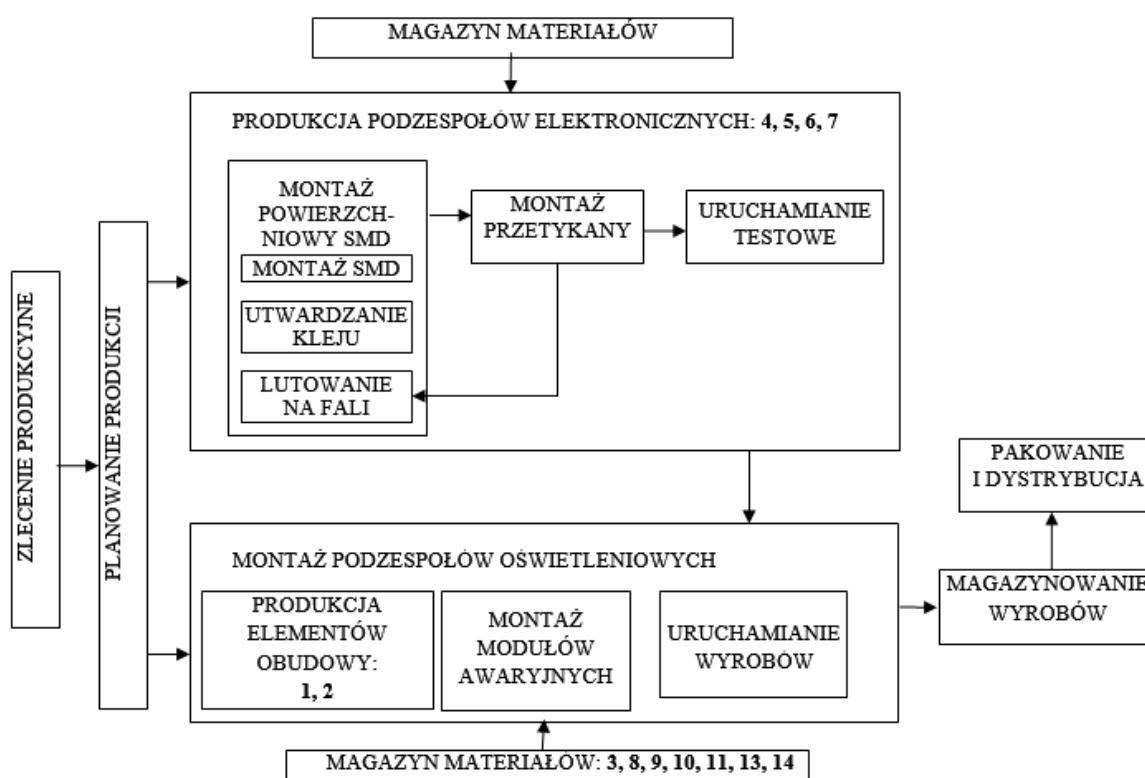
Legenda:

- |                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| 1 - Podstawa obudowy                | 8 - Klosz              |
| 2 - Płyta nośna                     | 9 - Maskownica         |
| 3- Uszczelka                        | 10 - Kostka zasilająca |
| 4 - Moduł awaryjny                  | 11, 13 - Złącza Wago   |
| 5 - Bateria termostatyzowana        | 12 - Zaciski           |
| 6 - Układ sygnalizujący stan oprawy | 14 - Przepust kabli    |
| 7 - Źródło światła                  |                        |

Źródło: opracowanie własne

Kolejność operacji technologicznych, wykonywanych podczas procesywnego doświetlającej oprawy awaryjnej, przedstawiona została za pomocą schematu blokowego na rys. 5.2. Etapy produkcji podzielone zostały na produkcję podzespołów elektronicznych i pozostałych podzespołów oprawy, które na etapie montażu końcowego, łączone są w całość. Przedstawiony na rys. 5.2 schemat, opracowany został w oparciu o dokumentację techniczną przedsiębiorstwa. Użyty skrót SMD (ang. Surface Mounted Devices) oznacza zastosowaną w procesie produkcji technologię montażu powierzchniowego. Odnosi się ona do sposobu montowania poszczególnych podzespołów elektronicznych na płytce obwodu drukowanego.

Jak wynika ze schematu przedstawionego na rys. 5.2, proces produkcyjny podzielony jest na dwie główne części: produkcję podzespołów elektronicznych (układ sygnalizujący stan oprawy, źródło światła, moduł awaryjny, bateria termostatywowana) oraz produkcję i montaż pozostałych podzespołów oświetleniowych, do których zalicza się podstawę obudowy, jak również płytę nośną oraz moduły awaryjne. Po zakończonym montażu wszystkich elementów przeprowadzane jest testowe uruchomienie oprawy doświetlającej. Etapem kończącym analizowany proces jest pakowanie gotowych opraw doświetlających do opakowań kartonowych. Tak wykonany i poprawnie działający wyrób gotowy zostaje przekazany do Magazynu Wyrobów Gotowych.



Rys. 5.2 Proces produkcyjny doświetlającej oprawy awaryjnej

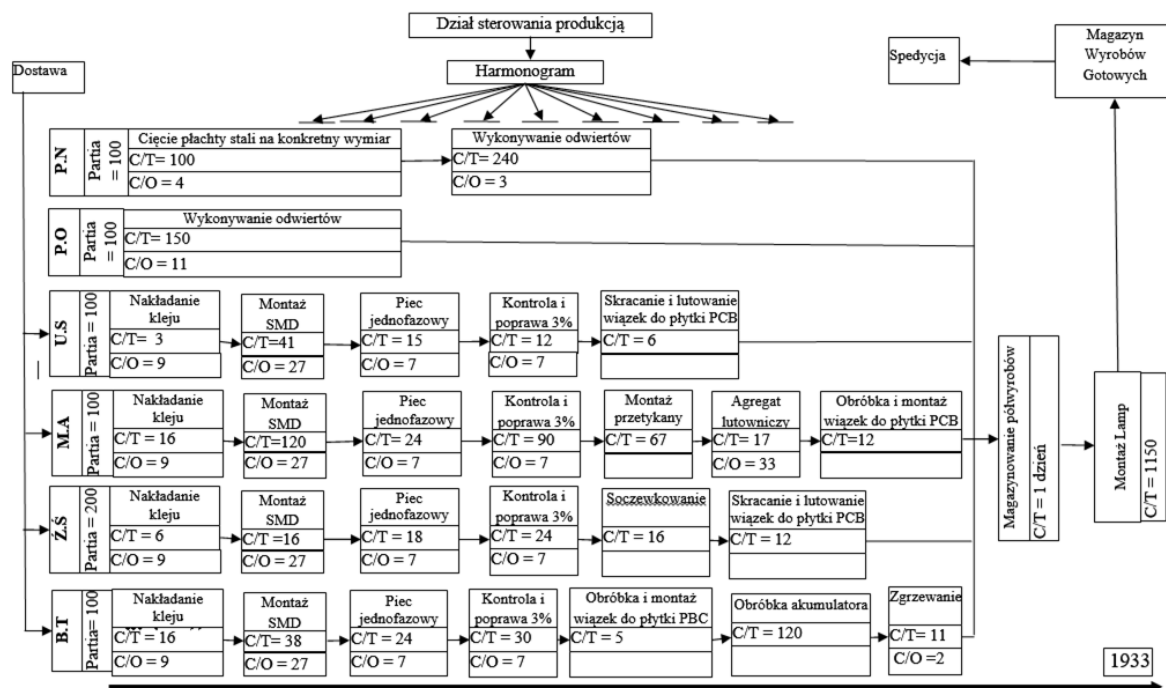
Źródło: opracowanie własne

W celu określenia czasu trwania poszczególnych operacji technologicznych, autorzy przeprowadzili obserwację czasu roboczego w oparciu o metodę chronometrażową, zakładającą pomiar czasu pracy w poszczególnych etapach produkcji za pomocą stopera. Zarejestrowany w ten sposób czas dotyczy okresu trwania i tempa realizacji wykonywanych czynności związanych z produkcją doświetlającej oprawy awaryjnej. Obserwacja czasu roboczego została wykonana w czerwcu 2015 r., na podstawie realizacji zamówienia dotyczącego opraw doświetlających w partii 100 sztuk. Realizacja pomiarów umożliwiła dokonanie analizy pierwotnego czasu roboczego, wraz z uwzględnieniem czasu potrzebnego na uruchomienie poszczególnych maszyn.

Uzyskane w związku z wykonywaniem pomiarów wyniki zostały zaprezentowane w postaci mapy strumienia wartości (rys. 5.3), jak również za pomocą przebiegów produkcyjnych na rys. 5.4. Użyte w obu przypadkach, symbole oznaczają:

- P.N. – płyta nośna,
- P.O. – podstawa obudowy,
- U.S. – układ sygnalizujący stan oprawy,
- M.L.A. – moduł awaryjny,
- Ż.Ś. – źródło światła,
- B.T. – bateria termostatyzowana.

Na rys. 5.3, autorzy użyli również oznaczeń: C/T i C/O związanych z czasem. C/T opisuje faktyczny czas wykonania operacji technologicznej, do którego doliczany jest czas związany z pobraniem materiałów z magazynu do produkcji, jak również samo zapoznanie się pracownika z rysunkami technicznymi. Nie uwzględniono jednak czasu, który potrzebny jest pracownikowi na realizację czynności obsługowo-naprawczych. Natomiast C/O to czas związany z przygotowaniem urządzenia do wykonywania poszczególnych operacji technologicznych.

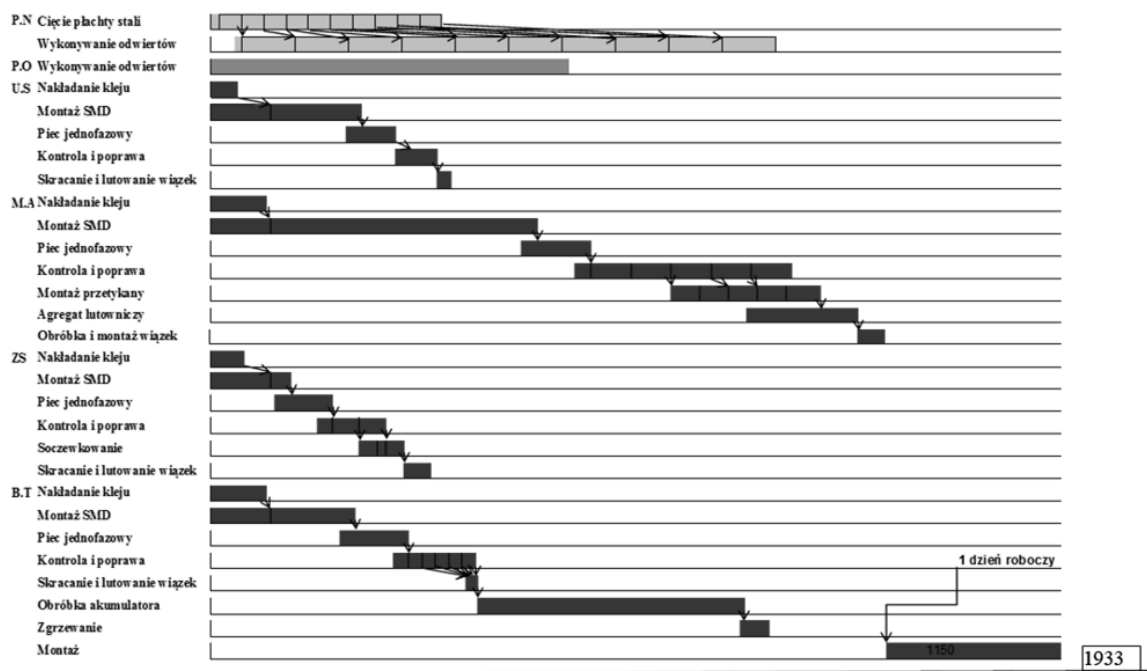


Rys. 5.3 Mapa strumienia wartości dla stanu pierwotnego przed zmianami w procesach produkcyjnych

Źródło: opracowanie własne

Jak wynika z mapy strumienia wartości (rys. 5.3) oraz przebiegu cyklu produkcyjnego (rys. 5.4) sumaryczny czas realizacji partii 100 sztuk doświetlających obudów awaryjnych wyniósł 1933 min.

Przedstawiony na rys. 5.4 schemat przebiegu cyklu produkcyjnego pokazuje, że analizowany proces produkcyjny zorganizowany jest metodą szeregowo-równoległą. Czynności związane z produkcją baterii termostatyzowanej kończą się wcześniej niż produkcja modułu awaryjnego, przez co powstaje widoczna luka związana z oczekiwaniem na komplet elementów niezbędnych do końcowego montażu obudowy doświetlającej. Obszar stanowi punkt wyjścia do poszukiwania możliwości skrócenia cyklu produkcyjnego.



Rys. 5.4 Cykl produkcyjny dla partii 100 sztuk wyrobu

Źródło: opracowanie własne

## 5.5 IDENTYFIKACJA MOŻLIWOŚCI SKRÓCENIA CYKLU PRODUKCYJNEGO

W wyniku przeprowadzonej przez autorów niniejszego artykułu identyfikacji, wskazane zostały obszary, w których występowało szczególne marnotrawstwo czasu. Do tego typu obszarów zaliczono przede wszystkim Dział Montażu Przetykanego, w którym organizacja stanowisk pracy poszczególnych pracowników wymagała zmian. Główny problem, jaki występował na stanowiskach pracy w tym dziale, dotyczył małej powierzchni roboczej, którą dysponował każdy pracownik. Wynikało to przede wszystkim z braku porządku, a co za tym idzie z częstym gubieniem oraz długotrwałym szukaniem elementów, czy narzędzi niezbędnych do montażu. Na rys. 5.5 został zaprezentowany zidentyfikowany pierwotny wygląd wybranego stanowiska pracy.



Rys. 5.5 Pierwotny wygląd wybranego stanowiska pracy Działu Montażu Przetykanego

Źródło: opracowanie własne



Praca na tak nieuporządkowanym stanowisku nie wpływała pozytywnie na jakość i wydajność wykonywanych przez danego pracownika zadań. Stół warsztatowy zaprezentowany na rys. 5.5, nie dawał możliwości pełnego i właściwego zorganizowania danego miejsca pracy. Wszystkie narzędzia jak i materiały bez względu na stopień ich niezbędności, pracownik musiał przetrzymywać na powierzchni blatu. Powodowało to ciągłą potrzebę przesuwania bądź szukania narzędzi czy elementów elektronicznych, a co za tym idzie - wydłużał się czas wykonywanych czynności.

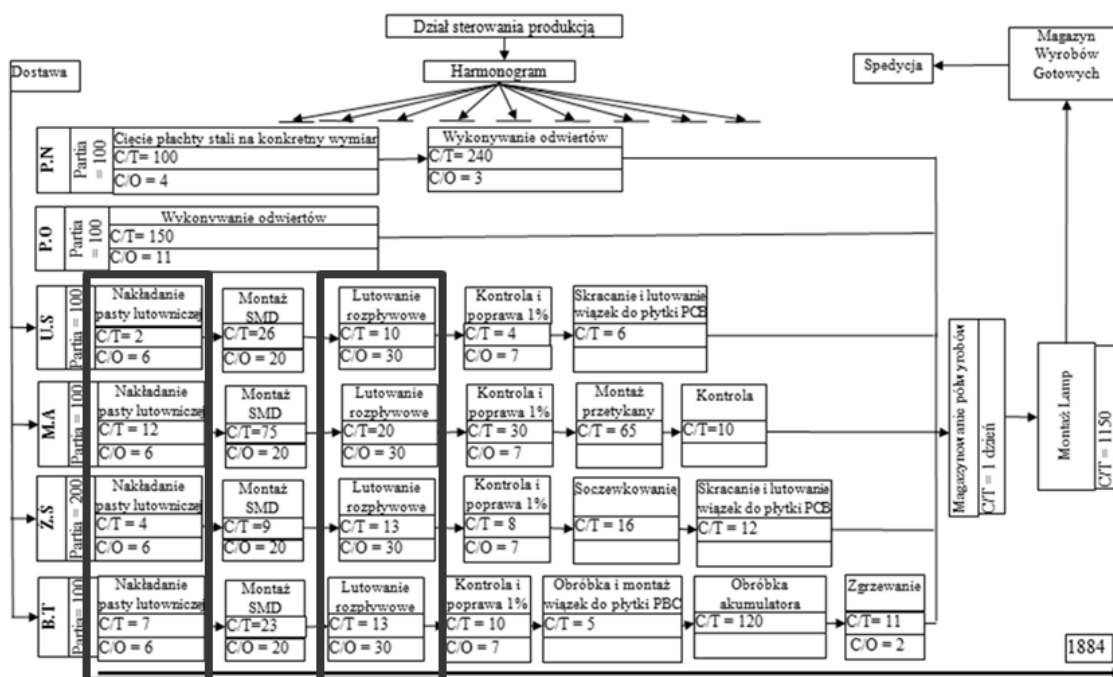
Propozycją poprawy zidentyfikowanych problemów, związanych z opisywanym stanowiskiem pracy, była jego reorganizacja, zgodnie z wytycznymi wynikającymi z metody 5S. Zgodnie z przyjętą metodą, pierwszym obszarem, na którym należało się skupić podczas doskonalenia stanowiska pracy, jest Selekcja. W analizowanym przypadku selekcja dotyczyła ustalenia stopnia niezbędności dla wszystkich przedmiotów znajdujących się na analizowanym stanowisku pracy. Podczas dokonywania selekcji Utworzono trzy kategorie przedmiotów: przedmioty, które powinny znajdować się na stanowisku pracy, przedmioty, które należy zwrócić oraz przedmioty przeznaczone do wyrzucenia. Ponadto na stanowisku pracy nastąpiło zmodyfikowanie i podzielenie stołu warsztatowego na trzy strefy. Pierwsza strefa, znajdująca się w najbliższym zasięgu pracownika, wyszczególnia narzędzia i materiały, które są dla niego niezbędne i najczęściej używane. Druga i trzecia strefa, znajdujące się w większej odległości względem pracownika, obejmują przedmioty, które są używane sporadycznie, ale pomimo tego muszą pozostać na danym miejscu pracy. Przechowywanie narzędzi stało się łatwiejsze dzięki wprowadzeniu szuflad z wkładkami o postaci tzw. tablicy cieni, wymuszającymi odkładanie narzędzi w jeden określony sposób.

Drugim obszarem podczas doskonalenia miejsca pracy w Dziale Montażu Przetakowego była Systematyzacja. Jest to obszar odnoszący się do postawy pracownika. Po wprowadzeniu porządku na stanowisku roboczym, pracownik w celu utrzymania odpowiedniego standardu na swoim miejscu pracy musi wykonywać poszczególne czynności systematycznie. Kolejny obszar zmian dotyczył Sprzątania stanowiska pracy po każdym zakończonym dniu roboczym, co z biegiem czasu pozwoliło na uniknięcie chaosu na stanowisku pracy oraz wymusiło codzienne sortowanie i układanie materiałów oraz narzędzi. Kolejny obszar dotyczył Standaryzacji. W analizowanym przykładzie odnosił się on do stworzenia instrukcji potrzebnej do wykonywania czynności na danym stanowisku oraz instrukcji dotyczącej codziennego sprzątania stanowiska pracy. Ostatni obszar wprowadzanych zmian odnosił się do Samodyscypliny. W celu wprowadzenia udoskonaleń należy sporządzać harmonogramy dotyczące organizacji pracy oraz cyklu szkoleniowego pozwalającego na utrzymanie wprowadzonych zmian na wysokim poziomie stopnia realizacji.

Kolejnym badanym obszarem wymagającym zmian był Dział Montażu Powierzchniowego SMD. Pierwszym elementem, na który zwrócono uwagę w tym dziale, była konieczność odejścia od stosowania na płytkach PCB kleju. Wiązało się to bezpośrednio ze słabą jakością wykonania montażu elementów SMD za pośrednictwem kleju, gdyż spora ilość elementów zamontowanych w ten sposób odpadała z płytek, bądź trzeba było poprawiać ich montaż. W wyniku tego pracownik podczas kontroli płytek PCB znaczną ilość

czasu poświęcał na wykonywanie wymaganych poprawek. Stosowany na etapie identyfikacji stanu pierwotnego automat montażowy to urządzenie, które ze względu na swoją wydajność również wymagało zmiany. Czas potrzebny do nakładania poszczególnych elementów SMD na płytki, był stosunkowo długi, w porównaniu do czasu jaki można osiągnąć przy zastosowaniu urządzeń dostępnych obecnie na rynku. Wydajność tego automatu montażowego wynosiła do 2600 elementów w ciągu godziny.

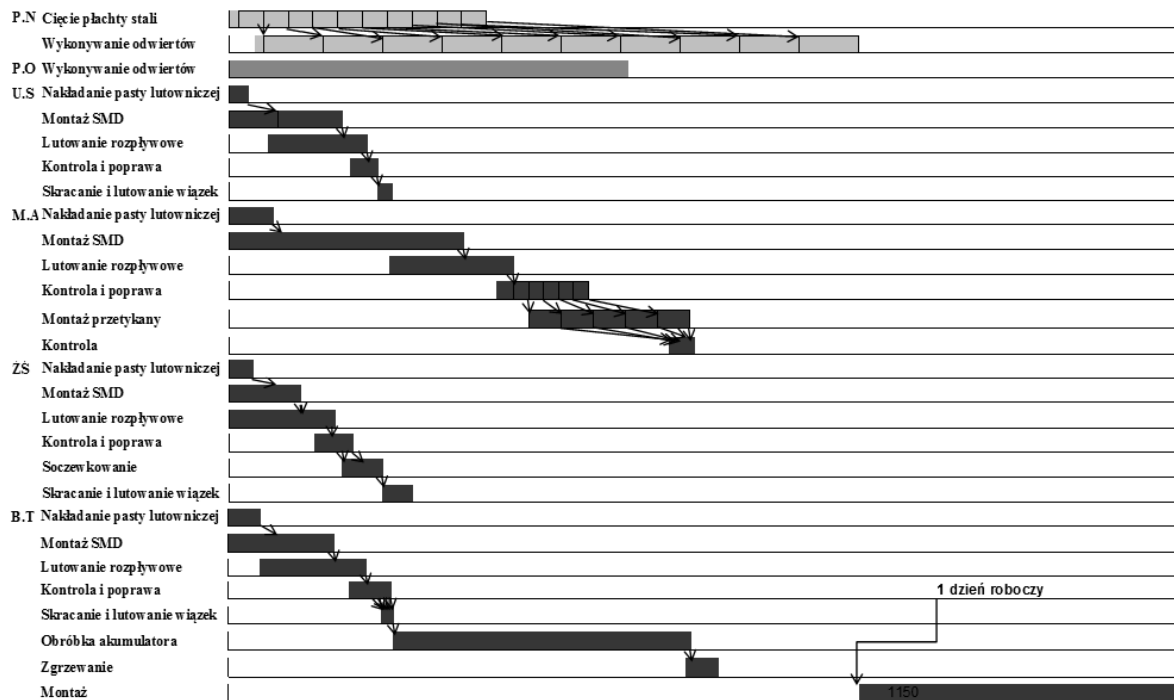
Odpowiedzią na tak zidentyfikowane problemy było przede wszystkim unowocześnienie parku maszynowego poprzez zastąpienie dotychczasowego automatu montażowego nowym, który umożliwia montaż do 4000 elementów w ciągu godziny. Ponadto w Dziale Montażu Powierzchniowego wprowadzono modyfikację w samym procesie montażu SMD, polegającą na zastąpieniu kleju pastą lutowniczą, w wyniku czego automatycznie wyeliminowana została operacje technologiczne dotyczące nakładania oraz utwardzania kleju. W przypadku nowej metody, po naniesieniu pasty lutowniczej i operacji pozycjonowania na niej drobnych elementów SMD, tak przygotowana płytka trafia do urządzenia, gdzie od razu realizowane jest lutowanie rozplływowe. Dzięki temu rozwiązaniu obrobione płytki PCB trafiają bezpośrednio do Działu Montażu Przetyskanego. W porównaniu z pierwotnym stanem – wyeliminowany został powrót półwyrobów z Działu Montażu Przetyskanego do Działu Montażu Powierzchniowego. Zmniejszenie ilości montażu manualnego oraz skrócenie drogi obiegu materiałów pozwoliły na skrócenie czasu realizacji czynności wykonywanych na Dziale Montażu Powierzchniowego nawet o połowę, względem czasu zarejestrowanego na etapie identyfikacji pierwotnych procesów. W oparciu o opisane modyfikacje ponownie utworzono mapę strumienia wartości (rys. 5.6) oraz wykres przebiegu cyklu produkcyjnego (rys. 5.7).



Rys. 5.6 Mapa strumienia wartości dla zmodyfikowanych procesów produkcyjnych

Źródło: opracowanie własne

Zgodnie z rys. 5.6 skróceniu uległy etapy związane z przygotowaniem do lutowania oraz lutowaniem (wyróżnione ramką). W rezultacie cykl skrócono o 49 minut.



Rys. 5.7 Zmodyfikowany cykl produkcyjny dla partii 100 sztuk wyrobu

Źródło: opracowanie własne

Dzięki wprowadzonym modyfikacjom w cyklu produkcyjnym w sytuacji po zmianach skróceniu uległy procesy, które stanowiły wąskie gardła w sytuacji pierwotnej. Obecnie takim wąskim gardłem jest proces wykonywania odwiertów w płytkach drukowanych. Kolejne potencjalne możliwości skracania cyklu produkcyjnego leżą właśnie w tym procesie.

## PODSUMOWANIE

Szeroki zakres technik wchodzących w skład metody Lean Management pozwala na dopasowanie, chociaż części z nich do danego przedsiębiorstwa. Wprowadzenie ich w życie pomaga zwykle w doskonaleniu organizacji produkcji. Nawet niewielkie z pozoru zmiany mogą znacznie wpłynąć na realizację poszczególnych czynności w danym przedsiębiorstwie produkcyjnym i stać się następnie punktem wyjścia do kolejnych działań udoskonalających.

Przedstawione w artykule przykłady rozwiązań wpłynęły zarówno na zmianę etapów produkcji, jak również na samo przemieszczanie się obrabianych podzespołów oprawy oświetleniowej. W wyniku podjętych zmian zmniejszył się czas realizacji poszczególnych czynności jak również ilość operacji transportowych. W tab. 5.1 zestawiono zbiorczo rezultaty najistotniejszych parametrów technicznych opisywanych procesów, które uległy poprawie w wyniku wprowadzenia zaproponowanych zmian.

Wprowadzone w przedsiębiorstwie zmiany spowodowały wyeliminowanie jednego stanowiska pracy w związku ze zmianą metody realizacji produkcji. Dzięki temu, możliwe

jest wyeliminowanie 2 operacji transportowych półproduktów, co bezpośrednio wpływa na skrócenie okresu technologicznego. Okres technologiczny uległ skróceniu o 49 minut, na co w głównej mierze wpływ miały zarówno zmiana automatu montażowego, jak modyfikacja w samym procesie montażu SMD, polegająca na zastąpieniu kleju pastą lutownicza. Pośrednio swój wkład w skrócenie cyklu produkcyjnego miało ponadto wdrożenie metody 5S na opisywanych stanowiskach roboczych.

**Tab. 5.1 Porównanie parametrów pierwotnych z uzyskanymi po wprowadzeniu zaproponowanych rozwiązań**

Nazwa parametru	Stan pierwotny	Stan po wprowadzeniu zmian
Liczba operacji transportowych	31	29
Okres technologiczny [min]	1933	1884
Liczba dni roboczych	4,30	4,19

Źródło: opracowanie własne

Wszystkie omówione w artykule obszary dotyczą zmian, które mają na celu zwiększenie efektywności realizowanych zadań poprzez skrócenie czasu wykonywanych czynności. W przypadku wdrożenia zaproponowanych nowych rozwiązań w przedsiębiorstwie zajmującym się produkcją oświetlenia awaryjnego można będzie zauważyć znaczną poprawę efektywności realizowanych czynności w wybranych etapach procesu produkcyjnego oprawy doświetlającej. Najważniejszym osiągniętym efektem jest znaczne skrócenie czasu realizowanych zadań, jak również poprawa organizacji i komfortu pracy pracowników na opisanym stanowisku pracy.

## PODZIĘKOWANIA

Artykuł jest wynikiem badań realizowanych w Instytucie Inżynierii Produkcji na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej, i powstał w ramach pracy statutowej BK-214/ROZ3/2017 (13/030/BK\_17/0027) nt. Sposoby i środki doskonalenia produktów i usług na wybranych przykładach.

## LITERATURA

1. K. Antosz, A. Pacana. „Ocena efektywności wdrożenia metody SMED dla wybranych stanowisk produkcyjnych - studium przypadku”, *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji Tom 1*, Opole: Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2017, str. 313-321.
2. M. Banach, S. Plinta. „Praca zespołowa i 5S jako fundament zarządzania produkcją”, *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji Tom 1*, Opole: Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2017, str. 147-157.
3. L. Bednarz. „Doskonalenie skuteczności i efektywności strumienia wartości”, *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji Tom 1*, Opole: Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2016, str. 903-914.

4. S. Borkowski. *Zarządzanie produkcją. Systemy produkcyjne*. Sosnowiec: Oficyna Wydawnicza Humanitas, 2009.
5. I. Durlik. *Inżynieria zarządzania cz. I*, Warszawa: Placet, 2004.
6. I. Durlik. *Inżynieria zarządzania. Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych cz. I*, Warszawa: Agencja Wydawnicza Placet, 2007.
7. B. Gala, R. Wolniak. „Problems of implementation 5S practices in an industrial company.” *Management Systems in Production Engineering*, 2013, no. 4, s. 8-14.
8. M. Kuczyńska-Chałada. „Proces wdrożenia metody 5S w przedsiębiorstwie produkcyjnym”, w: *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji Tom 1*, Opole: Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2017, s. 604-611.
9. J. Lewandowski, B. Skołod, D. Plinta. *Organizacja systemów produkcyjnych*, Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 2014.
10. B. Liwowski. *Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją*. Kraków: Oficyna Ekonomiczna Oddział Polskich Wydawnictw Profesjonalnych, 2006.
11. A.P. Munhlemann, J.S. Oakland, K. G. Lockyer. *Zarządzanie produkcją i usługami*. Warszawa: PWN, 2001.
12. A. Rogowski. *Podstawy organizacji i zarządzanie produkcją w przedsiębiorstwie*. Warszawa: CeDeWu Sp. z o.o., 2010.
13. K. Szatkowski. *Nowoczesne zarządzanie produkcją. Ujęcie procesowe*. Warszawa: PWN, 2014.
14. R. Wolniak, B. Skotnicka-Zasadzień. „Zastosowanie mapowania strumienia wartości do wprowadzania innowacji organizacyjnej w przemyśle”. W. Biały, K. Midor (red.). *Systemy wspomagania w inżynierii produkcji. Innowacyjność, jakość, zarządzanie*, Gliwice: Wydawnictwo PA NOVA, 2013, s. 180-191.

## SKRACANIE CYKLU PRODUKCYJNEGO NA PRZYKŁADZIE PRODUKCJI SYSTEMÓW OŚWIETLENIA AWARYJNEGO

**Streszczenie:** W niniejszym artykule autorzy posłużyli się wybranymi narzędziami i technikami Lean Management w celu skrócenia cyklu produkcyjnego wytypowanego systemu oświetlenia awaryjnego, wytwarzanego w badanym przedsiębiorstwie produkcyjnym. Przeprowadzone badania obejmowały analizy przepływu materiału z wykorzystaniem diagramu spaghetti, obserwację czasu roboczego w oparciu o metodę chronometrażową oraz modyfikację stanowisk pracy z wykorzystaniem techniki 5S. Opisane przez autorów rozwiązania techniczne i organizacyjne przyczyniły się do skrócenia analizowanego cyklu produkcyjnego.

**Słowa kluczowe:** poprawa efektywności, 5S, mapowanie strumienia wartości, cykl produkcyjny

## SHORTENING THE PRODUCTION CYCLE ON EXAMPLE OF PRODUCTION OF EMERGENCY LIGHTING SYSTEMS

**Abstract:** In this paper the authors used selected tools and techniques of Lean Management to shorten the production cycle of the selected emergency lighting system. The study included material flow analysis using a spaghetti diagram, working time observation based on the timing method and modification of workstations using the 5S technique. The technical and organizational solutions described by the authors contributed to shortening the analyzed production cycle.

**Key words:** improving the effectiveness, 5S, Value Stream Mapping, production cycle

Dr inż. Marcin DĄBROWSKI  
Politechnika Śląska  
Wydział Organizacji i Zarządzania  
Instytut Inżynierii Produkcji  
ul. Roosevelta 26-28, 41-800 Zabrze  
e-mail: Marcin.Dabrowski@polsl.pl

Inż. Katarzyna BIAŁEK  
Politechnika Śląska  
Wydział Organizacji i Zarządzania  
ul. Roosevelta 26-28, 41-800 Zabrze  
e-mail: Katarzyna.b920@gmail.com

*Data przesłania artykułu do Redakcji: 15.05.2017*  
*Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 31.05.2017*