

Krzysztof ŻYWICKI<sup>1</sup>  
Justyna TROJANOWSKA<sup>1</sup>

## **WZROST EFEKTYWNOŚCI PRZEPEŁYWU PRODUKCJI POPRZEZ ZMIANĘ SYSTEMU PLANOWANIA I STEROWANIA PRODUKCJĄ**

Artykuł dotyczy wpływu metod sterowania produkcją na efektywność przepływu produkcji. Przedstawione rozwiązanie dotyczy opracowanego i wdrożonego w przedsiębiorstwie produkcyjnym systemu, uwzględniającego specyfikę produkcyjną firmy związaną ze strukturą zamówień i uwarunkowaniami wewnętrznymi. Podstawą opracowania rozwiązań tworzących system było wykorzystanie różnych dostępnych metod sterowania produkcją. Niniejszy artykuł jest związany z realizacją projektu celowego dotyczącego opracowania i wdrożenia do praktyki przemysłowej systemu sterowania produkcją. W wyniku przyjętych rozwiązań uzyskano wzrost efektywności przepływu produkcji poprzez zmniejszenie czasu przejścia materiału oraz zapasów międzyoperacyjnych w procesach wytwórczych.

### **1. WPROWADZENIE**

Krótki cykl życia wyrobów spowodowany silną konkurencją oraz ciągle zmieniający się rynek wymusza na przedsiębiorstwach produkcyjnych konieczność wprowadzania zmian mających na celu usprawnienie działalności. Popyt charakteryzujący się najczęściej dużą zmiennością powinien być zrealizowany w krótkim czasie i z zapewnieniem jakości wymaganej przez klienta. Wywierana jest presja, aby relacje trade-off (np.: realizacja zamówienia w bardzo krótkim terminie, ale przy wysokich kosztach) zamieniane były na relacje trade-up (np.: realizacja zamówienia w bardzo krótkim terminie i jednocześnie przy niskich kosztach) między celami działalności operacyjnej. Chcąc liczyć się na rynku i nadażyć za nim, przedsiębiorstwa podążając śladami wielkich koncernów szczycących się sloganami typu „Just In Time”, „Lean Sigma” i ulegając panującej tendencji wdrażają „popularne” systemy zarządzania produkcją wspomagające w szybkiej realizacji zleceń i eliminowaniu marnotrawstwa. Oczywiście każde wdrożenie danego systemu poprzedzane jest dogłębną analizą środowiska produkcyjnego. Istniejące warunki dostosowywane są do implementowanego systemu, bardzo często kosztownego. Natomiast klasyczne metody,

---

<sup>1</sup> Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Politechnika Poznańska  
E-mail: krzysztof.zywicki@put.poznan.pl

takie jak MRP II i współpracujący z nią system przepływu materiałów „push” coraz częściej przechodzą do lamusa. Zaczynają być traktowane, jako źródło powstawania kosztów. W tym momencie należy zadać sobie pytanie, czy aby na pewno we wszystkich systemach produkcyjnych, zawsze różniących się od siebie wieloma aspektami, lepsze efekty przyniesie sterowanie produkcją za pomocą metody „pull”, aniżeli „push”. Powszechnie znane są wady i zalety stosowania obu metod. Jednak najczęściej bardzo trudno przewidzieć przyszłe efekty stosowania wdrożonego systemu.

Są to wątpliwości, dla których warto przeprowadzić syntetyczne porównanie oraz obiektywną ocenę stosowanych metod planowania i sterowania produkcją. Istotne jest także, aby zdać sobie sprawę z istnienia aspektów i czynników charakteryzujących dany system produkcyjny, mających niebagatelny wpływ na efekty stosowania danej metody sterowania przepływem materiałów.

Zagadnienie planowania i sterowania produkcją poruszone zostało w wielu publikacjach. Wraz ze wzrostem znaczenia czynników kształtujących wyniki finansowe firmy, charakter podstawowy nabrała decyzja wyboru właściwego systemu planowania i sterowania produkcją [3]. Dlatego tak istotne jest przeanalizowanie środowiska produkcyjnego, możliwości w zakresie wdrożenia danych metod sterowania produkcją i czynników warunkujących zastosowanie konkretnych rozwiązań.

Gruntowne przedstawienie poszczególnych metod sterowania produkcją znajdziemy w dedykowanych pozycjach książkowych [1],[5],[13],[14]. Publikacje wydawnictwa Productivity Press [13],[14], przedstawiają dokładne schematy wdrożenia systemu Kanban, będącego częścią filozofii Lean manufacturing. Z kolei książka Goldratta [2], napisana w alternatywny sposób ułatwia nam zrozumienie Teorii Ograniczeń oraz metody Werbel-Bufor-Linia.

Sporą część publikacji napisano z myślą o praktykach, zajmujących się ciągłym doskonaleniem systemów produkcyjnych. W pozycjach, które mają często formę przewodnika [4],[8],[12],[13], dokładnie opisywano metody i narzędzia ułatwiające transformację z systemu *push* na system *pull*. Bazują one najczęściej na wybranych studiach przypadków, prezentując w ten sposób realność zastosowania proponowanych rozwiązań. Co więcej, podejście takie ułatwia zrozumienie zachodzących zmian i ich efektów podczas przeprowadzanych usprawnień.

Większość pozycji literaturowych dedykowanych jest bezpośrednio danemu rozwiązaniu (TOC, Lean, System pull, etc.). Jednak istnieją prace proponujące zastosowanie jednocześnie kilku metod, tworząc rozwiązanie hybrydowe [5],[7],[10],[11],[14]. W pozycji [5] Lewinson prezentuje nieco inne podejście do Teorii Ograniczeń, traktując jednak filozofię TOC, jako główną bazę pod wprowadzane zmiany. Z kolei w artykule [7] prezentowane jest podejście bazujące na połączeniu trzech metod – TOC, Lean oraz Six Sigma, nazywając hybrydę, jako „TLS”. Artykuł przytacza przypadek korporacji, która wdrożyła rozwiązanie, mając jednocześnie możliwość porównania efektów z oddziałami, gdzie wdrożono jedynie Lean Manufacturing lub Six Sigma. Efekty przeprowadzonego doświadczenia utwierdziły autora artykułu w przekonaniu, że połączenie tych trzech metod jest rozwiązaniem najlepszym. Kolejną publikacją prezentującą odmienne podejście do planowania produkcji jest artykuł Eli Schragenheim [10]. Autor prezentuje możliwości zastosowania filozofii TOC do strategii MTS (ang. *Make To Stock*). Jest to

kolejna oznaka tego, że współczesne podejście do zarządzania systemami produkcyjnymi nie jest ograniczone w sposób jednoznaczny, a poszukiwanie mieszanych rozwiązań coraz częstszą praktyką.

W artykule przedstawiono fragment efektów związanych ze zmianą systemu planowania i sterowania produkcją dla wybranej grupy asortymentowej wyrobów w przedsiębiorstwie DOMEX Sp. z o.o. – producenta elementów instalacji wodociągowo-kanalizacyjnej.

Przedsięwzięcie było realizowane w ramach projektu celowego finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Opracowany i wdrożony system organizacyjny uwzględnia specyfikę produkcyjną firmy związaną ze strukturą zamówień i uwarunkowaniami wewnętrznymi. Głównym celem projektu było opracowanie rozwiązań organizacyjnych, które umożliwią osiągnięcie wzrostu efektywności produkcji, a tym samym podniesienie konkurencyjności przedsiębiorstwa.

Jako kryteria oceny proponowanych rozwiązań przyjęto:

- czas przejścia materiału przez proces wytwórczy,
- wielkość zapasów robót w toku.

Podstawą opracowania rozwiązań tworzących system było zastosowanie różnych metod i narzędzi sterowania produkcją.

## 2. ANALIZA STANU POCZĄTKOWEGO

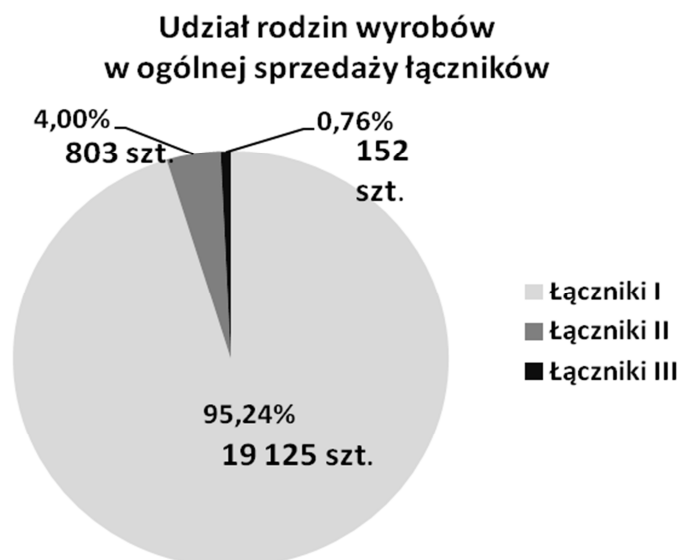
Analiza stanu początkowego przepływu produkcji związana z funkcjonowaniem systemu planowania i sterowania produkcją dotyczy jednej grupy asortymentowej wyrobów, produkowanej w przedsiębiorstwie – łączników wodno-kanalizacyjnych. W ramach przeprowadzonej analizy wydzielono trzy rodziny łączników różniące się marszrutą procesów technologicznych. Dla każdej z nich przeprowadzono analizy dotyczące: rotacyjności sprzedaży, przepływu informacji i materiałów. Pozwoliło to na ustalenie przyjętych kryteriów efektywności produkcji oraz identyfikację ograniczeń w analizowanym systemie produkcyjnym.

### 2.1. ANALIZA ROTACYJNOŚCI SPRZEDAŻY

Celem analizy było poznanie charakterystyki sprzedaży produkowanych wyrobów w zakresie wielkości i częstotliwości sprzedaży. Historia sprzedaży obejmowała jeden rok kalendarzowy.

Wykres na rys. 1 przedstawia procentowy oraz ilościowy udział w sprzedaży, jaki zajmują łączniki rodzin I, II i III w całej grupie asortymentowej łączników.

Przeprowadzona analiza rotacyjności sprzedaży była następnie podstawą do określenia strategii planowania produkcji.



Rys. 1. Sprzedaż ilościowa i procentowa rodzin łączników w ogólnej sprzedaży łączników  
Fig. 1. Sales in volume and percentage of families in the total sales of connectors

## 2.2. ANALIZA PRZEPIYU INFORMACJI

W ramach analizy określono przepływ informacji związanych z realizacją zamówień. Obszar analizy obejmował przyjęcia zamówień przez dział sprzedaży od klientów, produkcji oraz zaopatrzenia materiałowego.

Badanie przepływu informacji w zakresie przyjęć zamówień dotyczyło danych związanych z kontaktem z klientem (jego wymagań), sposobu komunikowania się działu sprzedaży z działem produkcji w kwestii możliwych terminów realizacji zamówień, podejmowanych decyzji o zleceniu produkcji. Natomiast obszar produkcji został poddany analizie pod kątem planowania i harmonogramowania produkcji, przekazywania informacji o zleceniach produkcyjnych do i ze stanowisk oraz operatorów produkcyjnych, informacji o poziomie zapasów materiałów do produkcji.

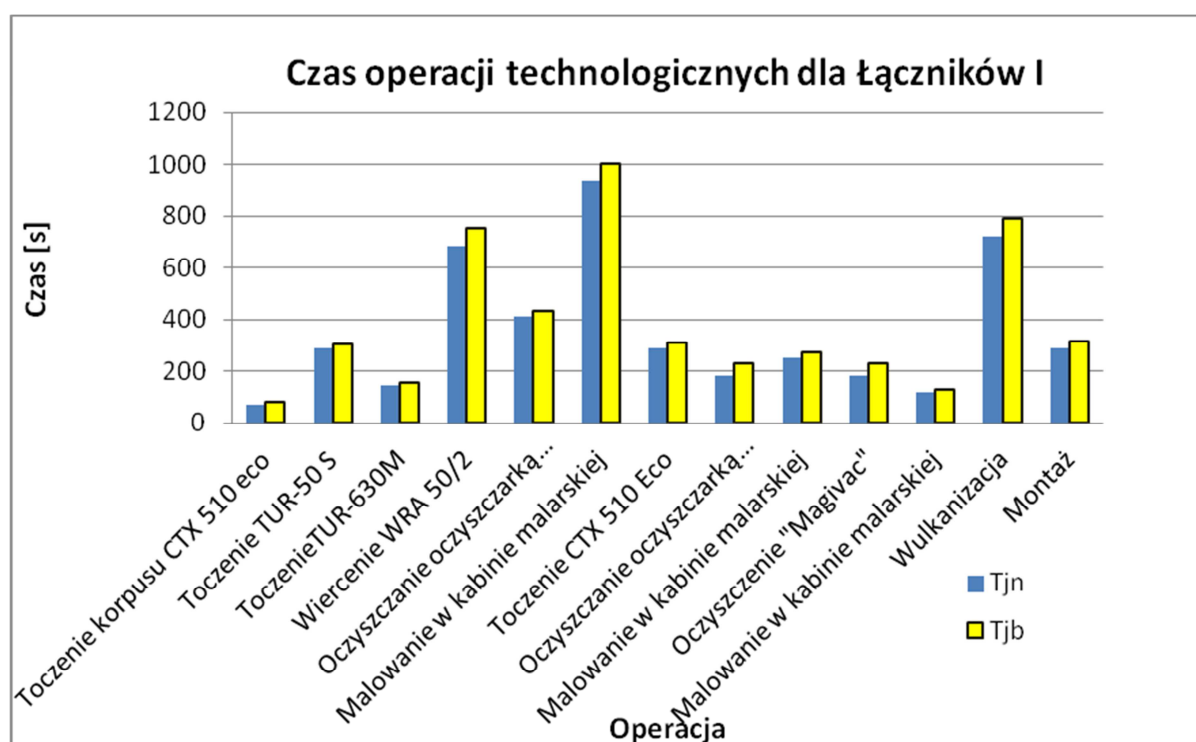
Przeprowadzona analiza pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

- a) termin realizacji zamówienia ustalany jest orientacyjnie przez dział handlowy lub kierownika produkcji, na podstawie harmonogramu produkcji po uwzględnieniu obecnych stanów magazynowych,
- b) informacje na stanowiska są przekazywane operatorom przez mistrza, ustnie – jeżeli mistrza nie ma przekazywaniem informacji zajmuje się kierownik produkcji, przekazuje drukowane zlecenia produkcyjne odpowiednio opisane,
- c) informacje ze stanowisk spływają raz dziennie, na koniec zmiany, w postaci kart stanowiskowych zawierających informacje ile detali zostało wykonanych, ile było braków,
- d) harmonogram produkcji jest ustalany według listy priorytetów ustalonych między kierownikiem produkcji a działem handlowym, operator dostaje informację ustną od kierownika lub mistrza, że zlecenie jest pilne.

## 2.3. ANALIZA PRZEPIYU MATERIAŁÓW

Przeanalizowano przepływ materiałów w procesach wytwórczych dla rodzin wyrobów w obecnym środowisku produkcyjnym. Dokonano pomiarów charakterystycznych wielkości określających realizowane operacje technologiczne: czas cyklu, czas przebrojenia i porównano je z danymi w dokumentacji technologicznej.

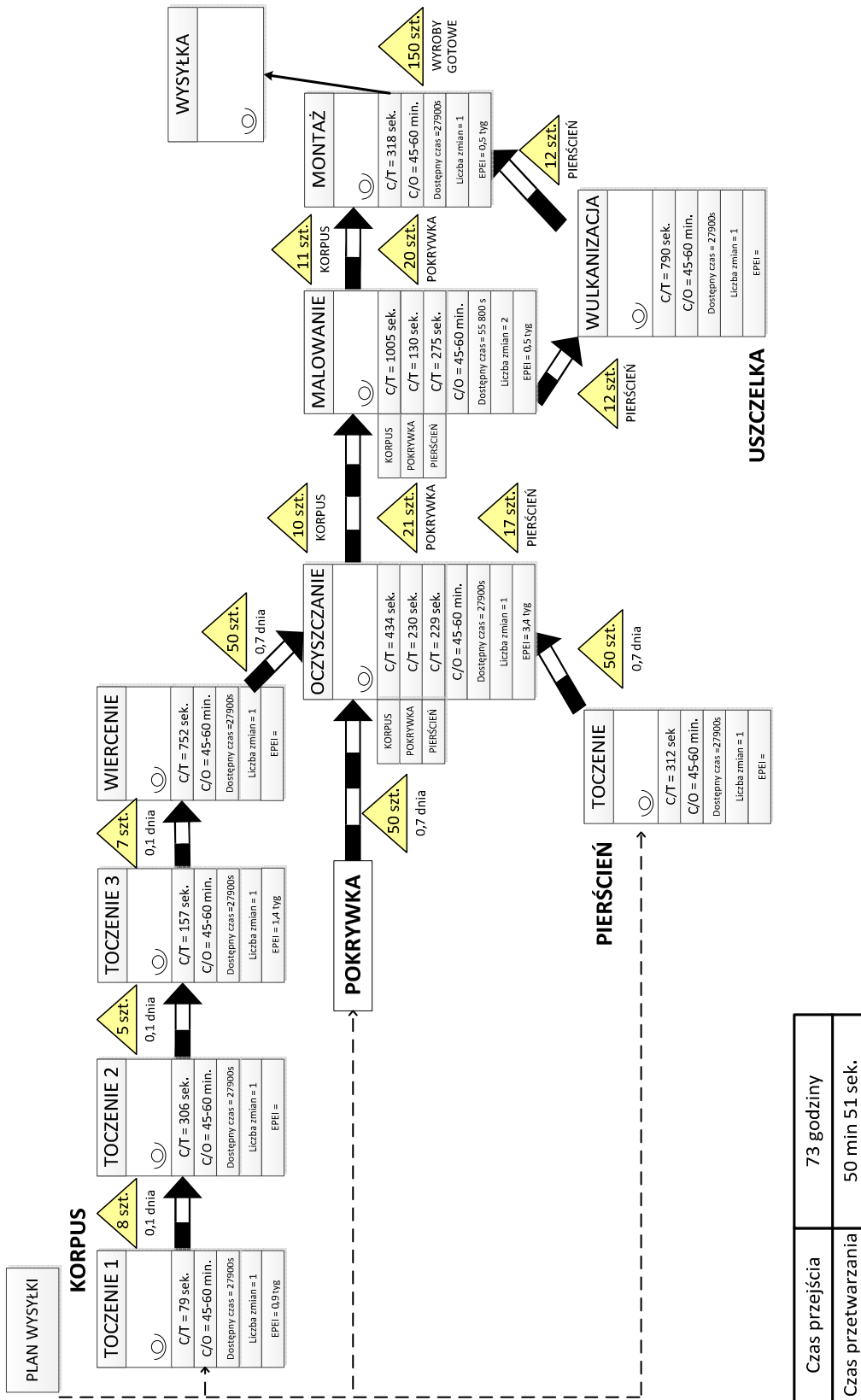
Poniżej przedstawiono przykładowe wyniki pomiarów. Na rys. 2 ujęto średnie czasy realizacji operacji technologicznych dla łącznika RK-E, uzyskane w warunkach produkcyjnych ( $T_{jb}$ ) w porównaniu z danymi z dokumentacji technologicznej ( $T_{jn}$ ).



Rys. 2. Czasy trwania operacji procesu wytwarzania wyrobów z rodziny łączników I  
Fig. 2. The duration of the operations of the manufacturing process of the family of connectors I

W związku z analizą przepływu materiałów prześlędzono realizację procesów wytwórczych w zakresie przemieszczania materiałów, zapasu robót w toku, powiązań pomiędzy stanowiskami produkcyjnymi.

Efektorem przeprowadzonych analiz było opracowanie map przepływu materiałów stanu początkowego realizacji procesów wytwarzania (strumieni wartości). Mapy pozwoliły zidentyfikować miejsca występowania zapasów, porównać parametry charakteryzujące kolejne operacje technologiczne i ustalić czasy przejścia materiału w porównaniu z czasem przetwarzania. Przykład mapy stanu początkowego dla jednej z rodzin łączników przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Mapa stanu początkowego w analizowanym okresie czasu dla łączników I  
 Fig. 3. Value stream mapping for connectors I

Parametry strumieni wartości dla analizowanych rodzin wyrobów przedstawiono w tabeli 1. Dla rodzin łączników I, II i III czas przejścia materiału jest równy kolejno 73, 94 i 98 godziny. Całkowity czas przetwarzania potrzebny na wyprodukowanie jednej sztuki wyrobu jest dużo mniejszy i wynosi 51 min, 212 min i 295 min.

Tabela 1. Czas przejścia i przetwarzania dla rodzin łączników  
Table 1. Lead time and processing time for connectors

| Rodzina łączników | Czas przejścia [godz.]<br><i>Lead Time</i> | Czas przetwarzania [min]<br><i>Processing Time</i> |
|-------------------|--|--|
| I                 | 73   | 51   |
| II                | 94   | 212  |
| III               | 98   | 295  |

Przeprowadzona analiza przepływu materiałów pozwoliła określić jaki jest faktyczny czas przejścia materiału w procesie oraz dokonać identyfikacji miejsc i przyczyn występowania zapasów produkcyjnych. Podczas analizowania procesu wytwórczego zaobserwowano, że zapasy wytwarzanych półwyrobów gromadzą się przede wszystkim w miejscu łączenia się podstrumieni materiałów tj. przed operacją oczyszczania. Zjawisko to spowodowane jest tym, że praktycznie każdy element wyrobu gotowego musi być dokładnie oczyszczony przez malowaniem w kabinie malarskiej. Stanowisko oczyszczania jest więc "wąskim gardłem" wynikającym z ograniczonych zdolności produkcyjnych. Jest to istotny czynnik, który powoduje wydłużenie czasu przejścia, czyli czasu, jaki jest potrzebny na przejście części przez proces od początku do końca strumienia. W innych obszarach procesu zapasy zazwyczaj kształtują się na poziomie zlecenia produkcyjnego.

#### 2.4. WNIOSKI Z ANALIZY STANU OBECNEGO

Przeprowadzona analiza stanu obecnego pozwoliła określić główne problemy i ograniczenia mające wpływ na efektywność produkcji. Materiały przechodzące przez strumień wartości są wypychane przez poszczególne procesy, a nie zasysane przez te, które je wykorzystują. Stanowiska wzdłuż strumienia wartości produkują to, co zostało im zlecone, a nie to, co potrzebują kolejne ogniwa w dole strumienia, materiał „wypychany” jest do przodu i w postaci zapasów oczekuje na kolejną operację w procesie.

Poszczególne stanowiska są od siebie odizolowane, działają według własnych wytycznych, którymi są listy zadań. Nie istnieje więc między nimi przepływ informacji. W związku z tym nie mogą one reagować na zapotrzebowanie stanowisk następujących po nich, co wymusza konieczność „pchania” materiału do przodu. To oczywiście owocuje nadprodukcją i zapasami. Realizowanie ustalonego planu produkcji zakłada jedynie domniemane zapotrzebowanie poszczególnych procesów. Niestety daje się zauważyć, że w przedsiębiorstwie plany te są często korygowane ze względu na nowe zlecenia o wyższym priorytecie.

W związku z tym system przepływu produkcji nie do końca jest spójny, a produkcja nie przebiega tak jak zakładał pierwotny harmonogram produkcji.

Podczas analizowania, bezpośrednio na hali produkcyjnej, procesów wytwarzania łatwo jest dostrzec, że pomiędzy wszystkimi operacjami gromadzone są zapasy wytwarzanych półwyrobów. Jest to duży problem w przedsiębiorstwie, ponieważ zapasy te w pewnych momentach potrafią być bardzo duże, co oczywiście wiąże się z wydłużeniem czasu przejścia oraz koniecznością wydzielenia specjalnej przestrzeni na gromadzenie zapasów.

W tabeli 2 przedstawiono zestawienie parametrów realizacji procesów wytwarzania uzyskanych w analizowanym okresie czasu. Średni czas realizacji zleceń produkcyjnych był najdłuższy dla rodziny łączników III, średnia wielkość zapasów produkcji w toku dla łączników rodziny I.

Tabela 2. Parametry stanu przed doskonaleniem efektywności przepływu produkcji  
Table 2. Parameters condition before improving the efficiency of production flow

| Rodzina wyrobów | Czas przejścia [godz.] | Średnia wielkość zapasów produkcji w toku [szt.] |
|-----------------|------------------------|--|
| Łączniki I      | 73                     | 91   |
| Łączniki II     | 94                     | 10   |
| Łączniki III    | 98                     | 12   |

### 3. DZIAŁANIA DOSKONALĄCE PRZEPŁYW PRODUKCJI

Mając na uwadze analizę stanu obecnego zaproponowano rozwiązania doskonalące w zakresie harmonogramowania i sterowania przepływem produkcji. Opracowano założenia nowego modelu planowania i sterowania produkcją.

W pierwszym rzędzie na podstawie przeprowadzonej analizy sprzedaży określono strategię produkcji ze względu na rotacyjność wyrobów oraz inne uwarunkowania determinujące realizację zamówień klientów. Przyjęto, które z wyrobów będą produkowane do magazynu, a które na konkretne zamówienie klientów.

Przy definiowaniu strategii produkcji wyrobów określono także potencjalne wady i zalety oraz ryzyko związane z niezrealizowaniem zamówień klientów. Kolejnym etapem zadania było przyjęcie założeń związanych z przepływem materiałów i informacji. Opracowano metodykę związaną z harmonogramowaniem i sterowaniem produkcji.

Przyjęto dwie strategie realizacji produkcji. Pierwsza opiera się na zasadzie uzupełniania stanu zapasów wyrobów gotowych w magazynie w przypadku wyrobów szybko rotujących. Natomiast wyroby średnio i wolno rotujące są produkowane na zamówienie klienta.

Produkcja jest uruchamiana po potwierdzeniu zamówienia. W tym przypadku nie występują zapasy wyrobów gotowych. Jest to typowy przykład mieszanego systemu ssącego, w którym to klient poprzez swoje zamówienia decyduje jaki wyrób należy produkować, aby uzupełnić stany magazynowe danego wyrobu oraz poprzez swoje bezpośrednie zamówienie.



### 3.1. METODYKA HARMONOGRAMOWANIA PRODUKCJI

Bardzo istotnym aspektem projektowania nowego systemu organizacji przepływu produkcji było określenie tzw. stymulatora procesu, czyli punktu w procesie wytwórczym, dla którego będzie opracowywany harmonogram produkcji. Przyjęto takie założenie zgodnie z aktualnie panującymi tendencjami w zakresie systemów planowania i sterowania produkcją i wpisującymi się w rozwiązanie systemu ssącego.

W klasycznym ujęciu (system ssący) stymulatorem procesu jest ostatni etap procesu wytwórczego dla zasady uzupełniania stanów w magazynie lub pierwszy etap procesu dla zasady zachowania kolejek FIFO. W wyniku przeprowadzonej analizy tych rozwiązań zdecydowano się na wprowadzenie innego rozwiązania. Polegało ono na wyznaczeniu stymulatora w miejscu występowania wąskiego gardła w procesie, czyli zasobu o największym zapotrzebowaniu na pracochłonność w procesie. W analizowanym przypadku wąskim gardłem okazała się malarnia, co potwierdzały także zapasy robót w toku znajdujące się właśnie przed tą operacją. Uwzględniając dodatkowo przyjęte strategie produkcji dla poszczególnych rodzin wyrobów, proces harmonogramowania jest wynikiem połączeniem dwóch koncepcji: systemu ssącego oraz metodyki sterowania produkcją w koncepcji TOC, a mianowicie werbel-bufor-lina.

Harmonogramowanie rozpoczyna się od ustalenia obciążenia zasobu będącego wąskim gardłem. Produkcja na zasobach znajdujących się w procesie wytwórczym przed zasobem ograniczającym harmonogramowana jest zgodna z systemem *pull*, natomiast produkcja za zasobem ograniczającym zgodna z systemem kolejek FIFO.

Głównym założeniem jest synchronizacja pracy zasobu ograniczającego z pozostałymi zasobami procesu wytwarzania. Zarządzanie zgodnie z tą zasadą sprowadza się do określenia wydajności zasobów produkcyjnych, zdeterminowanych wydajnością zasobu ograniczającego i ustalenia przepustowości poszczególnych stanowisk roboczych w taki sposób, by uzyskać maksymalną wydajność zasobu ograniczającego i jednocześnie nie dopuścić do tworzenia zbędnych zapasów robót w toku. Zarządzanie produkcją ze zdefiniowanym zasobem ograniczającym odbywa się zgodnie z systemem *pull* od zasobu ograniczającego do pierwszego stanowiska produkcyjnego, oraz zgodnie z zasadą kolejek FIFO od zasobu ograniczającego do końcowego stanowiska produkcyjnego.

Planowanie obciążenia na zasobach znajdujących się przed wąskim gardłem rozpoczyna się od obliczenia terminu zakończenia pracy, na stanowisku poprzedzającym wąskie gardło, poprzez odjęcie od najpóźniejszego terminu zakończenia pracy wielkości czasowego bufora zabezpieczającego. Wyznaczony w ten sposób termin określa czas zakończenia ostatniej operacji na stanowisku poprzedzającym wąskie gardło. Od tego terminu należy rozpocząć harmonogramowanie wstecz od ostatniego stanowiska znajdującego się przed wąskim gardłem.

Planowanie obciążenia na zasobach znajdujących się za wąskim gardłem rozpoczyna się od odczytania, z harmonogramu obciążenia wąskiego gardła, terminu zakończenia realizacji zlecenia na wąskim gardle. Jest to termin rozpoczęcia realizacji zlecenia na pierwszym stanowisku znajdującym się za ograniczeniem. Pracę na kolejnych stanowiskach planujemy w przód – od pierwszego do ostatniego stanowiska znajdującego się za wąskim gardłem.

### 3.2. ZASTOSOWANIE SYSTEMU SSĄCEGO

Dla przyjętej strategii produkcji wyrobów, szybko rotujących na magazyn, założono funkcjonowanie systemu ssącego. Przyjęte rozwiązanie bazuje na uzupełnianiu stanów wyrobów gotowych w supermarkecie. Informacje o potrzebie uzupełnienia będą przekazywane poprzez harmonogram wąskiego gardła procesu. Na zapas całkowity wyrobów gotowych w supermarkecie składają się: zapas rotujący, buforowy i bezpieczeństwa. Zależności obliczeniowe przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Sposób obliczania zapasów do supermarketów  
Tabela 3. The calculation of the stock to supermarkets

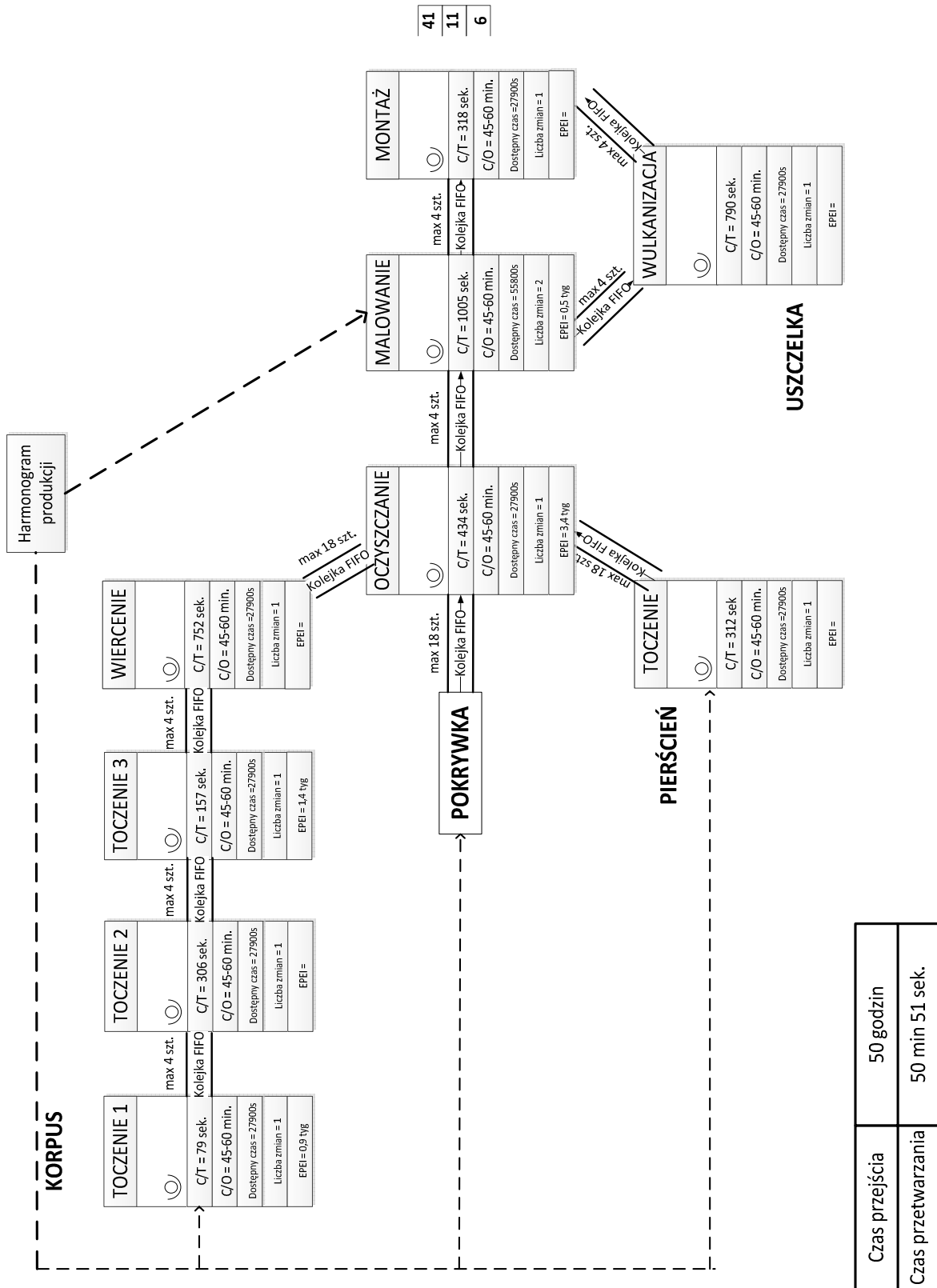
|                       |  |
|-----------------------|--|
| Zapasy rotujący       | średni popyt dzienny x czas potrzebny na uzupełnienie (w dniach) |
| Zapasy buforowy       | zmienność popytu jako % zapasu rotującego                        |
| Zapasy bezpieczeństwa | współczynnik bezpieczeństwa jako % z. rotującego i z. buforowego |

Przykładowo dla wyrobów rodziny łączników I, dla których średni dzienny popyt wynosi 36 szt., przyjęto zmienność popytu równą 25% i współczynnik bezpieczeństwa na poziomie 20%. Czas potrzebny na uzupełnienie zapasów został obliczony na podstawie pomiarów czasów cykli operacji w procesie. Przyjęto, że w supermarkecie wyrobów gotowych utrzymywany byłby zapas wyrobów gotowych na poziomie 58 szt., czyli powyżej dziennego zapotrzebowania na wyroby grupy A. Supermarket pozwoliłby kontrolować zapas, a pobranie z nich wyrobów gotowych generowałoby informacje dla stanowiska będącego wąskim gardłem o potrzebie uzupełnienia zapasu.

### 3.3. ZASTOSOWANIE KOLEJEK FIFO

Dla przyjętej strategii produkcji wyrobów na zamówienie przewidziano funkcjonowanie metody sterowania produkcją w postaci kolejek FIFO. Metoda ta ma na celu zapewnienie synchronizacji między kolejnymi etapami procesu w postaci kolejki. Bufor ten łączy stanowiska na zasadzie "zsuwni", która może pomieścić ustaloną liczbę wyrobów w procesie. Proces zaopatrujący w części znajdowałby się w górze strumienia, a proces pobierający na końcu strumienia. W przypadku zapełnienia kolejki, dostarczanie części zostałoby wstrzymane do momentu, kiedy proces pobierający nie zużyje określonej ilości zapasu.

Dla rodziny wyrobów łączniki I zapas produkcji w toku, gromadzący się przy stanowisku oczyszczania, jest równy 50 szt. i wystarczyłby na 1,4 dnia. W celu ograniczenia poziomu zapasów międzyoperacyjnych przed stanowiskiem oczyszczania oraz malowania zaproponowano bufor kolejki FIFO na poziomie maksymalnym 18 szt. Stanowi to połowę wielkości partii produkcyjnej, przyjętej jako średnie dzienne zapotrzebowanie równe 36 szt. i wystarczyłoby na 0,5 dnia.



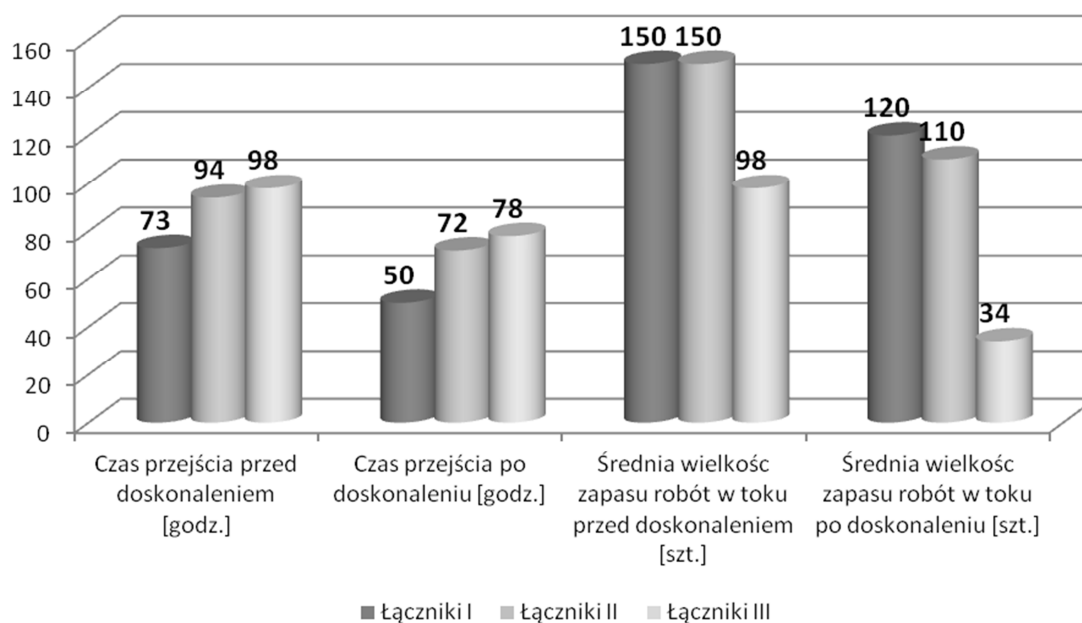
Rys. 4. Mapa stanu docelowego dla łączników I  
 Fig. 4. Value stream mapping for connectors I

W ten sposób istniałaby możliwość zapobiegania nadprodukcji, ponieważ wypełnienie kolejki oznaczałoby wstrzymanie działań produkcyjnych dla procesu zaopatrującego. Między pozostałymi operacjami bufor zostałby ustalony na poziomie maksymalnym 4 sztuk, co stanowi 0,1 dnia czasu przejścia zapasów.

Przyjęte rozwiązania w zakresie harmonogramowania i sterowania produkcją stały się podstawą opracowania map stanu przyszłego. Przykład mapy dla rodziny wyrobów łączniki I przedstawiono na rys. 4. Zastosowanie kolejek FIFO umożliwiło skrócenie czasu przejścia do około 50 godzin, przy jednoczesnym ustaleniu mniejszych zapasów międzyoperacyjnych na poziomie około 38 szt. Natomiast zapasy wyrobów gotowych utrzymywane w magazynie zostały zmniejszone z 150 szt. do 58 szt.

W efekcie proponowanych rozwiązań dla wszystkich rodzin wyrobów uzyskane parametry efektywności produkcji uległy poprawie, co obrazuje wykres na rys. 5.

Na tej podstawie można stwierdzić, że wdrożony nowy system planowania i sterowania produkcją pozwolił uzyskać istotne skrócenie cyklu realizacji zleceń produkcyjnych oraz zmniejszenie zapasu produkcji w toku.



Rys. 5. Uzyskane parametry efektywności produkcji dla wszystkich rodzin wyrobów

Fig. 5. The obtained parameters of production efficiency for all product families

#### 4. PODSUMOWANIE

W przedstawionym studium przypadku celem nadrzędnym było dostosowanie działalności do rosnących wymagań rynku. Jednak biorąc pod uwagę czynniki techniczne, ekonomiczne, organizacyjne trudno było zsynchronizować różne procesy wytwórcze, aby były one realizowane stabilnie. Proponowane rozwiązania w zakresie wdrożenia nowego

systemu planowania i sterowania przepływem produkcji pozwoliły osiągnąć wzrost efektywności realizowanych procesów.

Wskazano także, że propozycje działań doskonalących w tym obszarze nie zawsze muszą bazować tylko na klasycznych rozwiązaniach, np. system ssący, przepływ ciągły, TOC. Wręcz można stwierdzić, że nie jest to wskazane biorąc pod uwagę różne uwarunkowania charakterystyczne jedynie dla danego środowiska produkcyjnego. Z tego względu wydaje się zasadne wdrażanie rozwiązań będących połączeniem wielu metod planowania i sterowania produkcją.

*Niniejszy artykuł powstał w wyniku realizacji projektu celowego nr 6 ZR10 2009C/07315 pt. Opracowanie i wdrożenie systemu starowania produkcją wieloasortymentową, realizowanego w przedsiębiorstwie DOMEX Sp. z o.o.*

#### LITERATURA

- [1] BONVIK A.M., 2011, *How to control a lean manufacturing system*, Leaders for Manufacturing, Research Group 5 Design and Operation of Manufacturing Systems, MIT: <http://web.mit.edu/manuf-sys/www/> (23/02/2011).
- [2] GOLDRATT E.M., COX J., 2007, *Cel I: Doskonałość w produkcji*, Mintbooks, Warszawa.
- [3] HADAŚ Ł., CYPLIK P., 2007, *Środowisko produkcyjne a wybór systemów planowania i sterowania produkcją*, Logistyka, 6, 16-19.
- [4] HARRIS R., HARRIS Ch., WILSON E., 2005, *Doskonalenie przepływu materiałów*, Wydawnictwo Lean Enterprise Institute, Wrocław.
- [5] LEWINSON W.A., 2007, *Beyond the theory of constraints, how to eliminate variation and maximize capacity*, Productivity Press, New York.
- [6] PAJAŁ E., 2006, *Zarządzanie produkcją. Produkt, technologia, organizacja*, PWN, Warszawa.
- [7] PIRASTEH R.M., FARAH K.S., 2011, *Combining TOC, Lean and six Sigma*, Innovative Distribution Ensuring Availability. <http://www.ideallc.com/publications/>
- [8] ROTHER M., HARRIS R., 2004, *Tworzenie ciągłego przepływu*, The Lean Enterprise Institute, Wrocław.
- [9] ROTHER M., SHOOK J., 1998, *Learning to see. Value Stream Mapping to create value and eliminate muda*, The Lean Enterprise Institute, Massachusetts.
- [10] SCHRAGENHEIM E., BURKHARD R., 2011, *Drum buffer rope and buffer management in a make-to-stock environment*, Innovative Distribution Ensuring Availability. <http://www.ideallc.com/publications/>
- [11] SIMCHI-LEVI D., SIMCHI-LEVI E., 2004, *Inventory optimization: The Last Frontier*, IT matters, 3.
- [12] SMALLEY A., 2011, *Poziomowany system ssący*, Wydawnictwo Lean Enterprise Institute, Warszawa.
- [13] The Productivity Press Development Team, 2002, *Pull production for the shopfloor*, Productivity Press, New York.
- [14] VATALARO J.C, Taylor R.E., 2005, *Implementing a mixed model kanban system, The Lean replenishment technique for pull production*, Productivity Press, New York.

#### INCREASING OF PRODUCTION EFFICIENCY THROUGH CHANGE THE SYSTEM OF PRODUCTION PLANNING AND CONTROL

The article concerns the impact of methods of production flow control to the efficiency of production flow. Described solution shows developed and implemented system taking into account the specificity of the system of production orders related to the structure and internal circumstances. The basis for the development of solutions to create the system was to use different available methods to control production. Paper shown material related to the implementation of a project of development and implementation production control system dedicated to DOMEX Ltd. The main result of presented solutions is an increase the efficiency of the production flow by reducing lead time and work in progress in manufacturing processes.