

Katarzyna Topolska¹
Wyższa Szkoła Bankowa we Wrocławiu

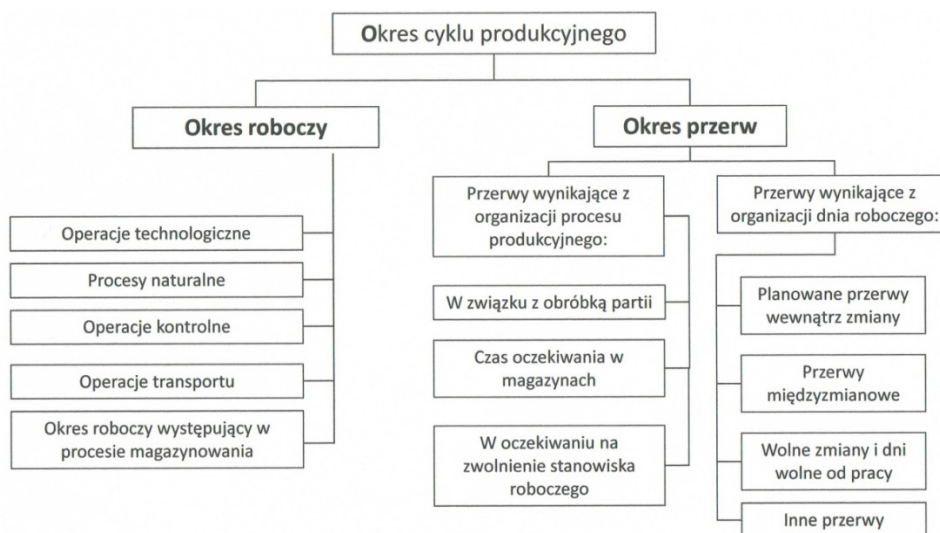
Modelowanie cyklu produkcyjnego przy użyciu techniki mapowania procesu²

Zmiany, modyfikacje w procesach produkcyjnych wprowadza się z różnych powodów, mogą nimi być zmiany w przepisach prawa, wymogi dotyczące ochrony środowiska, chęć usprawnienia istniejącego procesu, czy też zmiany wynikające z innej technologii produkcji. Reorganizacja procesu nie jest łatwym zadaniem, gdyż wymusza na osobach ją przeprowadzających spojrzenie na cały proces pod różnym kątem, z każdego możliwego punktu widzenia. Powoduje przez to ciągle poszukiwanie nowych rozwiązań, które pozwoliłyby osiągnąć zamierzony rezultat. Najważniejsze w tym wszystkim jest nakreślenie celu, przeprowadzenie działań, czynności, które ostatecznie wpłyną na odniesienie sukcesu. Oczywiście wszystkie reorganizacje niosą ze sobą ryzyko niepowodzenia, lecz w przypadku jakiegokolwiek działalności pojęcie ryzyka jest nieodłączne z pojęciem sukcesu. Przedsiębiorstwa stojące w miejscu, nierozwijające się, niewprowadzające żadnych zmian w swojej organizacji wcześniej, czy później pozostaną z tyłu za konkurencją. Celem jest zgromadzenie i przedstawienie wiedzy z zakresu procesów produkcyjnych jak i próba reorganizacji procesu produkcyjnego w przedsiębiorstwie produkcyjnym.

Cykl w procesie produkcji i jego struktura

Cykl produkcyjny jest to czas pomiędzy pobraniem surowca lub materiału do produkcji a momentem jej zakończenia i przekazania wyrobu do magazynu wyrobów gotowych. Czas trwania cyklu produkcyjnego będzie różny w zależności od wykonywanej produkcji, i tak na przykład przy produkcji statków będzie wynosił od kilku do kilkunastu miesięcy, a przy produkcji piekarniczej kilka godzin. Do głównych składników cyklu produkcyjnego zaliczamy [2, s. 84]:

- czas trwania operacji procesu produkcyjnego, zależny jest on wyboru technologii i organizacji procesu produkcyjnego. Związany jest on z rodzajem wyrobu, strukturą procesu produkcyjnego, wielkością partii oraz strukturą produkcyjną,
- czas przerw w realizacji operacji procesu produkcyjnego, zależny od organizacji dnia roboczego,
- długość cyklu produkcyjnego, jest to czas trwania operacji procesu produkcyjnego z uwzględnieniem czasu przerw, można użyć tu określenia – metoda analityczna, statystyczno-doświadczalna oraz szacunkowa.



Rys. 1. Struktura cyklu produkcyjnego [1 s. 85].

Cykl produkcyjny składa się z [2, s. 86]:

- cyklu badań i rozwoju (przygotowania produkcji), realizowany jest głównie w sferze informacyjnej oraz jeżeli mamy do czynienia z przygotowaniem czynników produkcji i zdolności produkcyjnej, realizowany będzie w sferze materialnej,
- cyklu wytwarzania, wiąże się on z zaangażowaniem kapitału inwestycyjnego oraz obrotowego i realizowany jest głównie w sferze materialnej,

¹ Dr inż. Katarzyna Topolska – Wyższa Szkoła Bankowa we Wrocławiu, Instytut Logistyki, e-mail: katarzyna.topolska@wsb.wroclaw.pl.

² Artykuł recenzowany.

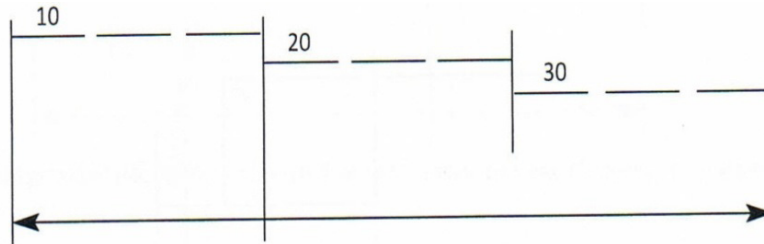
- cyklu dystrybucji i sprzedaży klientowi, realizowany jest głównie w sferze materialnej i powiązany jest z zaangażowaniem kapitału obrotowego.

Metody organizacji cyklu produkcyjnego

Znaczący wpływ na czas trwania cyklu produkcyjnego ma sposób dostarczania przedmiotów pracy na następne stanowiska robocze, z tego względu wyróżnia się następujące metody jego organizacji [6, s. 157]:

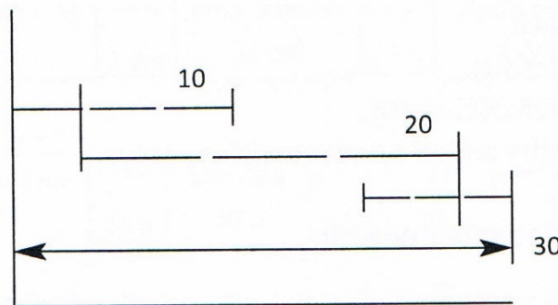
- metoda szeregową,
- metoda równoległą,
- metoda szeregowo-równoległą.

Metoda szeregową (rysunek 2) jest najmniej efektywna i powinna być zastępowana pozostałymi metodami organizacji cyklu. Polega ona na tym, iż kolejne operacje rozpoczynane są po zakończeniu poprzedniej na całej partii produkcyjnej. Podstawowym założeniem jest maksymalne wykorzystanie stanowisk roboczych [3].



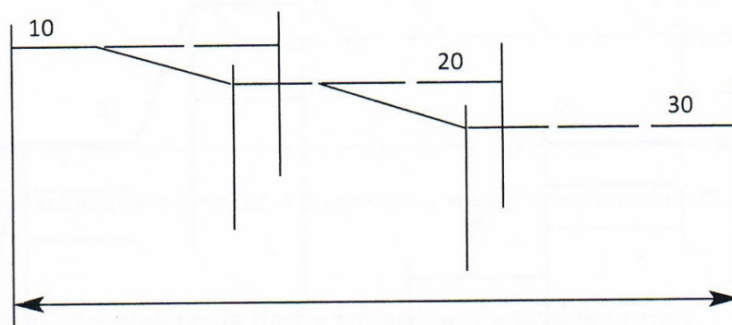
Rys. 2. Metoda szeregową organizacji przepływu pracy [5, s. 49].

Metoda równoległą (rysunek 3) polega na tym, iż kolejne operacje rozpoczynane są po wykonaniu poprzedniej na jednym wyrobie i na kolejne stanowiska robocze przedmioty produkcji przekazywane są pojedynczo.



Rys. 3. Metoda równoległą organizacji przepływu pracy [5, s. 49].

Metoda szeregowo-równoległą (rysunek 4) polega na podzieleniu całej partii produkcyjnej na mniejsze partie i po wykonaniu czynności na danym stanowisku roboczym przesyłanie ich do kolejnych etapów obróbki. Pozwala na rozpoczęcie operacji na partii transportowej przed ukończeniem operacji na całej partii produkcyjnej. Cechą charakterystyczną tej metody jest brak przerw między okresami obróbki kolejnych partii transportowych.



Rys. 4. Metoda szeregowo-równoległą organizacji przepływu pracy [5 s. 49].

W celu wyliczenia cyklu produkcyjnego na większe jednostki czasu można skorzystać ze wzoru: [3]

$$\text{cykl produkcyjny (dni robocze)} = \frac{\text{cykl produkcyjny (min)}}{g \times z} \quad (1)$$

gdzie:

g – oznacza ilość minut pracy w jednej zmianie roboczej, **z** – ilość zmian.

Skracanie cyklu produkcyjnego

Skracanie cyklu produkcyjnego w znaczącym stopniu ma wpływ na poprawę wyników gospodarczych przedsiębiorstwa. Drogami prowadzącymi do skrócenia cyklu produkcyjnego są [1, s. 89]:

- zastosowanie efektywniejszych i wydajniejszych maszyn i urządzeń w procesach produkcyjnych,
- skracanie czasu trwania procesów pomocniczych,
- udoskonalenie przepływu materiałów i półfabrykatów,
- usprawnienie procesów montażu i pakowania wyrobów gotowych,
- wprowadzenie elastycznych systemów produkcyjnych i komputerowo wspomaganą automatyzacji.

Korzyści wynikające ze skrócenia cyklu produkcyjnego, jakie możliwe są do osiągnięcia przez przedsiębiorstwa, można zaobserwować m.in. we wzroście produkcji bez konieczności zwiększenia zatrudnienia lub powiększenia parku maszyn oraz w obniżeniu kosztów własnych poprzez zmniejszenie zapasów produkcji w toku.

Metodologia badań

Przedmiotem badań będzie proces produkcyjny w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Dotyczyć będzie procesu produkcyjnego części zamiennych do samochodów osobowych. Badany proces produkcyjny zachodzi na jednej z dwóch hal analizowanego przedsiębiorstwa, w specjalnie utworzonej strefie, za pomocą ścianek działowych. Elementy wytwarzane są z profili aluminiowych wysyłanych zgodnie z wcześniej wysłanymi prognozami zapotrzebowania dwa razy w miesiącu. Następnie są one dostarczone z wykorzystaniem transportu wewnętrznego na linię produkcyjną w pojedynczych skrzyniach, mieszczących 800 sztuk tych profili. Proces produkcyjny elementu składa się z 8 operacji. Element na linii produkcyjnej, oprócz kontroli wizualnej w ostatniej operacji, kontrolowany jest również na każdym etapie produkcji przez ludzi tam pracujących. Kolejnym etapem nadzoru jest pobieranie części z maszyn, odbywające się dwa razy na zmianę w celu pełnej kontroli wymiarów. Odpowiedzialny jest za to dział kontroli jakości pracujący na maszynach pomiarowych 3D produkcji Mitutoyo.

Średnia wielkość zamówienia badanego elementu w procesie produkcji wynosi 7200 części na miesiąc. Zamówienia spływają do działu sterowania produkcją drogą mailową z tygodniowym wyprzedzeniem i wprowadzane są do systemu MRP. Dla każdego z nich są opracowywane zlecenia produkcyjne, przekazywane dalej na poszczególne stanowiska pracy raz w tygodniu. Z reguły zamówienia klienta są takie same, tylko w skrajnych przypadkach zmienia się ich wielkość.

Opisywane przedsiębiorstwo zaopatruje się w profile aluminiowe niezbędne do produkcji analizowanego wyrobu u jednego dostawcy, wymagającego przedstawienia prognozy zapotrzebowania na czas od 3 do 4 miesięcy w przód. Dostawa surowca realizowana jest 2 razy w miesiącu.

Produkcja odbywa się 5 dni w tygodniu w systemie 3-zmianowym na wszystkich stanowiskach produkcyjnych. Każda zmiana trwa 8 godzin. W czasie trwania każdej zmiany przewidziana jest jedna 15 minutowa przerwa śniadaniowa oraz czas 15 minut na przygotowanie stanowiska do pracy. Podczas przerw wszystkie prace są wstrzymywane.

Jak już zostało wspomniane we wcześniejszym podrozdziale proces produkcyjny elementu składa się z 8 operacji, których czas trwania, jak również obciążenie wynosi:

- Operacja 1: operacja odbywa się na dwóch maszynach obsługiwanych przez dwóch operatorów, czas cyklu dla maszyny Ch#1 wynosi 327 sek., czas cyklu dla maszyny Ch#2 wynosi 546 sek., dostępność 100%, braki na poziomie 2%
- Operacja 2: operacja wykonywana przez jednego operatora na jednej maszynie, czas trwania cyklu wynosi 13,9 sek., dostępność 100%, braki 0%
- Operacja 3: wykonywane przez jedną osobę w czasie 52 sek., dostępność 100%, braki 0,5%
- Operacja 4: wykonywane przez jedną osobę, czas trwania cyklu wynosi 75 sek., dostępność 100%, braków 2%
- Operacja 5: operacja odbywa się na jednej maszynie obsługiwanej przez jednego operatora, czas cyklu jest równy 20 sek., dostępność 100%, braki nie występują
- Operacja 6: jedna maszyna, jeden operator, czas cyklu 36 sek., dostępność 100%, braki 0,1%
- Operacja 7: jedna maszyna, jeden operator, czas cyklu 7,5 sek., dostępność 100%, braki 0,1%
- Operacja 8: jedna osoba, czas cyklu 144sek., dostępność 100%, braki 0,5%.

Operacje 2 i 3 wykonywane są przez jedną osobę, identycznie jak operacje 5, 6 i 7. Gotowe elementy przekazywane są do magazynów wyrobów gotowych. Transport do klienta odbywa się raz w tygodniu, organizowany jest przez firmę zewnętrzną.

Zgodnie z zamówieniami klienta czas taktu dla linii produkcyjnej opisywanego wyrobu wynosić będzie: dostępny czas = 5 dni/tydzień, 8 h/zmianę x 3 zmiany – (15 min/zmianę przerwa śniadaniowa + 15 min/zmianę przygotowanie stanowiska) = 27 000 sek./zmianę,

wymagania klienta = 7200 szt./miesiąc = 1800 szt./tydzień = 360 szt./dzień = 120 szt./zmiana,

$$\text{czas taktu} = \frac{\text{dostępny czas}}{\text{wymagania klienta}} = \frac{27000 \text{ sek.}}{120 \text{ szt.}} = 225 \text{ sek./szt.} \quad (1)$$

Wielkość produkcji w operacji 1 dla maszyny Ch#1 i Ch#2 wynosić będzie:

$$\text{wielkość produkcji Ch\#1} = \frac{\text{dostępny czas}}{\text{czas trwania cyklu}} = \frac{27000 \text{ sek.}}{327 \text{ sek./szt.}} = 82 \text{ szt.} \quad (2)$$

$$\text{wielkość produkcji Ch\#2} = \frac{\text{dostępny czas}}{\text{czas trwania cyklu}} = \frac{27000 \text{ sek.}}{546 \text{ sek./szt.}} = 49 \text{ szt.} \quad (3)$$

$$(82 \text{ szt.} + 49 \text{ szt.}) - 2\% \text{ braki} = 128 \text{ szt./zmianę} = 1920 \text{ szt./tydzień} \quad (4)$$

Czas trwania cyklu dla całej operacji wynosić będzie:

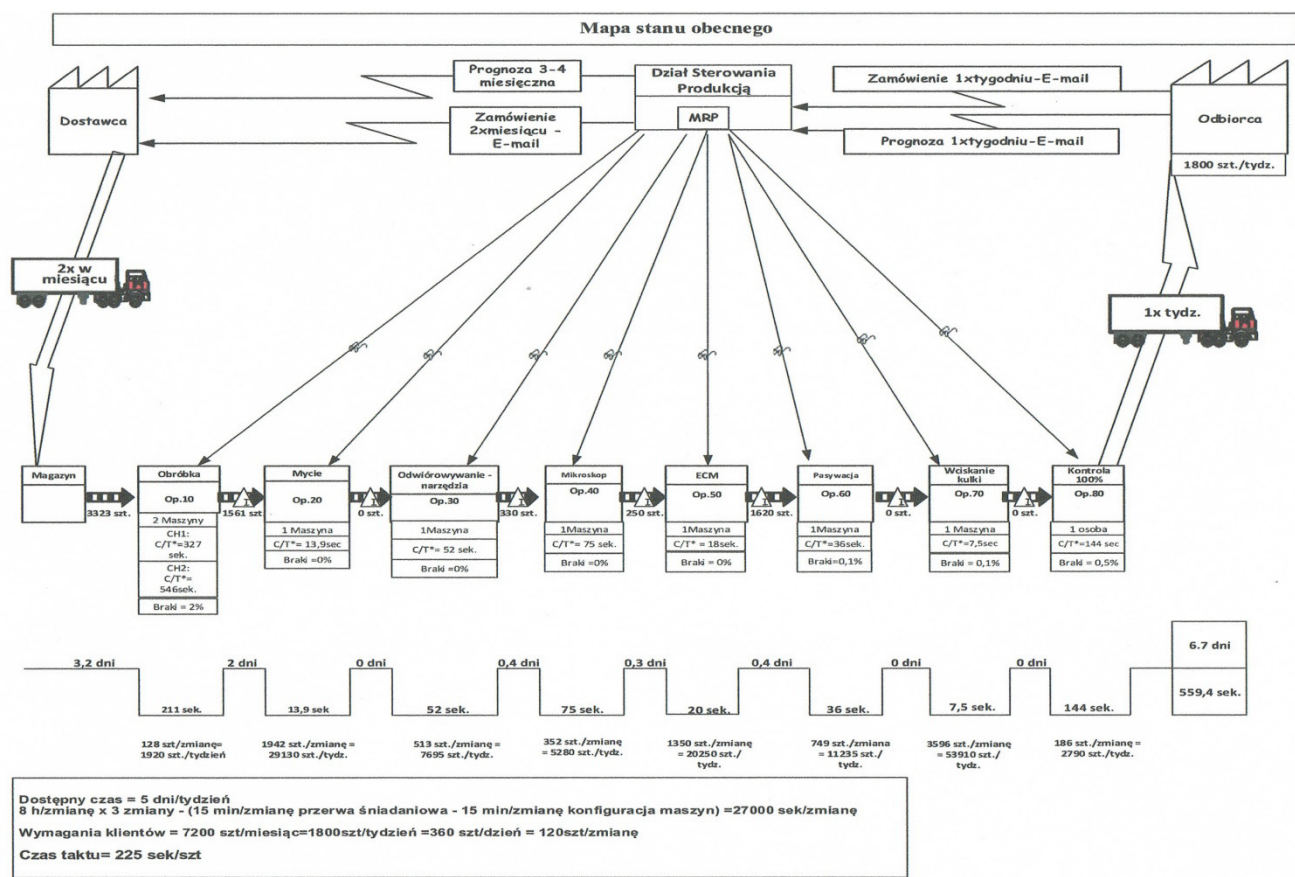
$$\frac{C}{T} = \frac{\text{dostępny czas}}{\text{wielkość produkcji Ch\#1} + \text{Ch\#2}} = \frac{27000 \text{ sek.}}{128 \text{ szt.}} = 211 \text{ sek.} \quad (5)$$

Wielkość produkcji dla operacji 2 wynosić będzie:

$$\frac{27000 \text{ sek.}}{13,9 \text{ sek./szt.}} = 1942 \text{ szt./zmianę} = 29130 \text{ szt./tydzień} \quad (6)$$

Postępując analogicznie z pozostałymi operacjami, w procesie produkcyjnym maksymalna wielkość produkcji, uwzględniając występujące braki, wynosić będzie:

- operacja 3 wynosi 513szt./zmianę, 7695szt./tydzień,
- operacja 4 wynosi 352szt./zmianę, 5280szt./tydzień,
- operacja 5 wynosi 1350szt./zmianę, 20250szt./tydzień,
- operacja 6 wynosi 749szt./zmianę, 11235szt./tydzień,
- operacja 7 wynosi 3596szt./zmianę, 53940szt./tydzień,
- operacja 8 wynosi 186szt./zmianę, 2790szt./tydzień.



Rys. 5. Mapa strumienia wartości
 Źródło: opracowanie na podstawie materiałów przedsiębiorstwa.

W związku z tym, iż klient jest zadowolony ze wspólnej współpracy i wyraził chęć zwiększenia zamówienia do 3800 szt. na tydzień, przedsiębiorstwo zmuszone jest do reorganizacji procesu produkcyjnego korpusu pompy. Jak można zauważyć z wcześniejszych obliczeń, operacja 1 i 8 nie są w stanie tylu części wyprodukować.

$$3800\text{szt./tydzień} = 760\text{szt./dzień} = 253\text{szt./zmianę} \quad (7)$$

$$\text{czas taktu} = \frac{\text{dostępny czas}}{\text{wymagania klienta}} = \frac{27000 \text{ sek.}}{250 \text{ szt.}} = 108 \text{ sek./szt.} \quad (8)$$

Wydłużenie czasu pracy z 5 do 7 dni i przejście w ciągły system pracy dla operacji pierwszej nie pozwoli nam na sprosta- nie stawianym przez klienta wymaganiom. Jak można zauważyć we wzorze nr 9 aby sprostać zapotrzebowaniu deklarowanym przez klienta, potrzebowalibyśmy 30 zmian.

$$(82 \text{ szt.} + 49 \text{ szt.}) - 2\% \text{ braki} = 128 \text{ szt./zmianę} \times 3 \text{ zmiany} = 384\text{szt./dzień} \times 7 \text{ dni} = 2688 \text{ szt./tydzień} \quad (9)$$

$$\frac{\text{zapotrzebowanie klienta}}{\text{wielkość produkcji na zmianę}} = \frac{3800\text{szt.}}{128\text{szt./zmianę}} = 30 \text{ zmian} \quad (10)$$

Zaproponowano rozwiązanie w celu osiągnięcie zwiększonego zapotrzebowania na analizowany wyrób, jest wzrost produktywności w operacji 1 przez dołożenie kolejnej maszyny Chiron. Zakup nowego centra obróbczego wiąże się z dużym nakładem finansowym, czego opisywane przedsiębiorstwo wolałoby uniknąć. W celu uniknięcia zamrożenia kapitału inwesty- cją w nową maszynę, możliwe jest wydzierżawienie jednej maszyny od klienta. Rozwiązanie odniosłoby pożądany rezultat, a co najważniejsze jest osiągalne, ponieważ jedną z maszyn już owe przedsiębiorstwo dzierżawi. Odbiorca produkowanego elementu posiada maszyny przystosowane do produkcji danych wyrobów. Zwiększając zamówienie w opisywanym przedsię- biorstwie, tym samym zrezygnowałby z drugiego dostawcy, któremu udostępnił maszynę Chiron.

Maszyna Chiron, jaką jest w stanie wydzierżawić klient na potrzeby produkcji, jest identyczna jak maszyna którą przed- siębiorstwo dysponuje, czyli posiada dwa stoły hydrauliczne do montażu detali do obróbki, a czas potrzebny na wyprodukowa- nie jednej sztuki wynosi 6,23 min. czyli 374 sek. Czas ten nie pozwala nam na wyprodukowanie zamierzonej produkcji w 5-dniowym tygodniu pracy (rysunek 5), dlatego też należało by wprowadzić dla tego stanowiska system 4-zmianowy w ruchu ciągłym, co przedstawiają poniższe obliczenia.

$$\text{Wielkość produkcji CH\#3} = \frac{27000 \text{ sek}}{374 \text{ sek./szt.}} = 72\text{szt.} \quad (11)$$

Wielkość produkcji dla 3 maszyn przy 5 dniowym tygodniu pracy wynosi:

$$\begin{aligned} & (\text{Wielkość produkcji CH\#1} + \text{wielkość produkcji CH\#2} + \text{wielkość produkcji CH\#3}) - 2\% \text{ braki} \\ & = (84 + 49 + 72) - 2\% = 200 \text{ szt.} \frac{\text{---}}{\text{zmianę}} \times 3 \text{ zmiany} \\ & = 600\text{szt./dzień} \times 5 \text{ dni} = 3000\text{szt./tydzień} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\frac{C}{T} = \frac{\text{dostępny czas}}{\text{wielkość produkcji Ch\#1+Ch\#2+CH\#3}} = \frac{27000 \text{ sek.}}{200 \text{ szt.}} = 135 \text{ sek.} \quad (13)$$

Potrzebna liczba zmian aby wykonać zamówienie dla klienta jest równa:

$$\frac{\text{wielkość zamówienia tygodniowego}}{\text{wielkość produkcji 3 maszyn na zmianę}} = \frac{3800\text{szt./tydz.}}{200\text{szt./zmianę}} = 19 \text{ zmian} \quad (14)$$

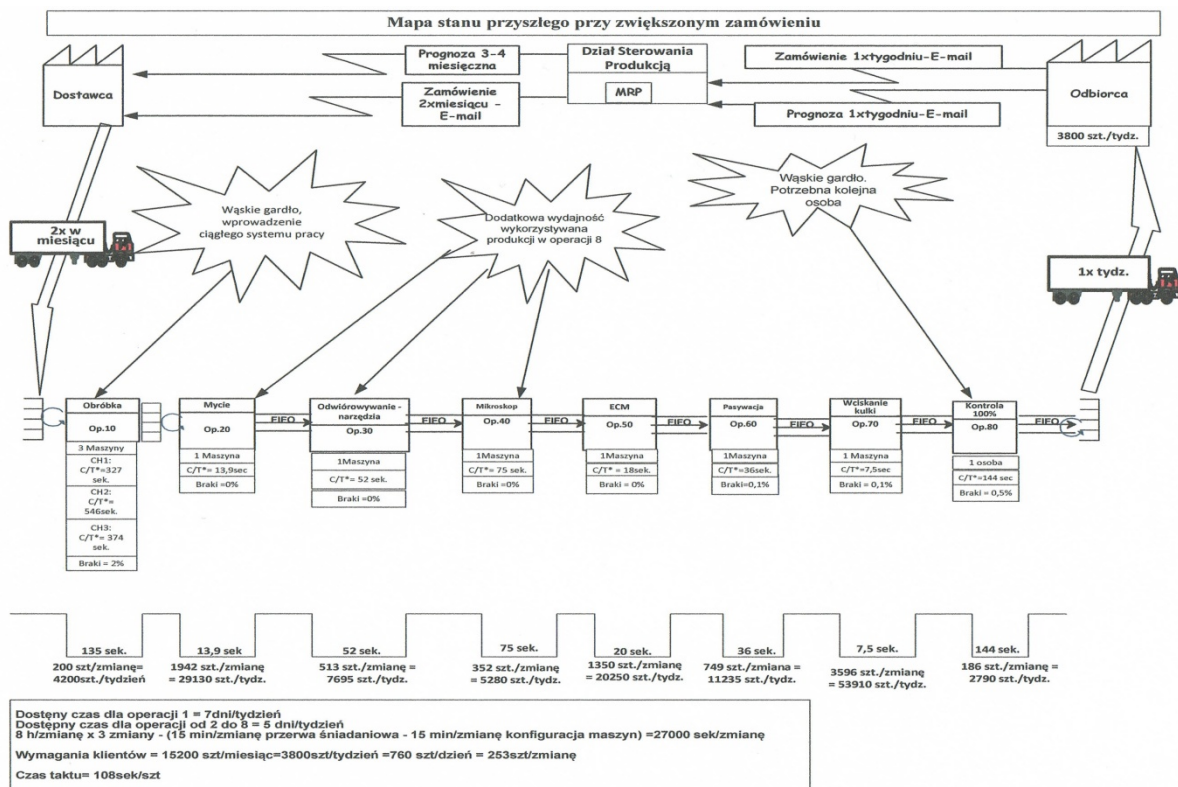
Wielkość produkcji dla 3 maszyn w systemie ciągłym wynosi:

$$200\text{szt.} \times 3 \text{ zmiany} \times 7 \text{ dni} = 4200 \text{ szt./tydzień} \quad (15)$$

Aby zwiększyć wydajność w operacji 8 należałoby zatrudnić nową osobę lub pracownika dotychczas wykonywał operację 2 i 3 przeszkolić w operacji 8. Operacja 2 i 3 posiada wysoką wydajność więc można by było przeznaczyć 29,4 godziny na zwiększenie wydajności w operacji 8.

Reasumując należy podkreślić, aby wygrać z konkurencją, należy w miarę możliwości i potrzeb reorganizować występują- ce w przedsiębiorstwach procesy produkcyjne. Niejednokrotnie niewielkie zmiany mają ogromny wpływ na prawidłowe funk- cjonowanie podmiotów.

Przedstawione propozycje zmian pozwolą na osiągnięcie poziomu produkcji elementów, zgodnego ze zwiększonym zapo- trzebowaniem klienta.



Rys. 6. Mapa strumienia wartości po modernizacji procesu produkcyjnego.

Źródło: opracowanie własne.

Wnioski

Zaproponowane zmiany jakie miałyby zajść w opisywanym przedsiębiorstwie, aby sprostać stawianym przez klienta wymaganiom, miały za zadanie zwiększyć wydajność stanowiska roboczego zajmującego się obróbką detali na maszynach Chiron. Możliwe jest to przez dołożenie kolejnej maszyny tego typu. W celu skrócenia czasu przepływu detali między poszczególnymi stanowiskami pracy zostało zaproponowane zmniejszenie partii transportowej i przekazywanie ich do kolejnego etapu zgodnie z zasadą FIFO. Dla zobrazowania proponowanych zmian sporządzona została mapa strumienia wartości, która pozwala zaobserwować, gdzie należy podjąć działania usprawniające ten proces.

W większości zmian, jakie przeprowadza się w istniejących procesach, liczyć się trzeba z kosztami. W tym przypadku nakłady finansowe nie będą wysokie, ponieważ nie ma potrzeby zakupu nowej maszyny. Koszty, które trzeba będzie ponieść związane będą z zakupem nowych narzędzi oraz będą to koszty związane ze zwiększeniem zatrudnienia. Spowodowane jest to tym, iż przechodząc z pięciodniowego tygodnia pracy na system ciągły, brakować będzie dwóch operatorów do obsługi maszyn Chiron. Czas jaki potrzebny jest na przystosowanie i dopuszczenie maszyny Ch#3 do produkcji w opisywanym przedsiębiorstwie produkcyjnym, można będzie przeznaczyć na przeszkolenie nowo zatrudnionych lub przeniesionych z innych działów pracowników.

W dzisiejszych czasach istnieje ogromna liczba różnego rodzaju, typu producentów i ich ilość zwiększa się każdego dnia. Dlatego rzeczą niezwykle istotną jest zdobywanie nowych, potencjalnych klientów, ale i utrzymanie także tych, którzy znajdują się już w gronie odbiorców, danego przedsiębiorstwa.

Streszczenie

W przedsiębiorstwach reorganizacja procesu nie jest łatwym zadaniem, gdyż wymusza na osobach ją przeprowadzających spojrzenie na cały proces pod różnym kątem, z każdego możliwego punktu widzenia. Powoduje przez to ciągle poszukiwanie nowych rozwiązań, które pozwoliłyby osiągnąć zamierzony rezultat. W badaniach podjęto próbę przeorganizowania procesu produkcyjnego wykorzystując dane z przedsiębiorstwa, mapowanie całego procesu z uwzględnieniem wymagań klientów. Przeanalizowano rozbudowę stanowisk, dodatkowe zatrudnienie pod potrzeby zmiany cyklu pracy na linii produkcyjnej. Zmiany przedstawiono w postaci proponowanego stanu w procesie mapowania. Reorganizacja procesu produkcyjnego pozwoli na utrzymanie stałych klientów w przedsiębiorstwie i pozyskanie nowych.

Modeling the production cycle using mapping technologies the process

Abstract

The businesses reorganization process is not an easy task, since it forces people carrying look at the whole process from a different angle, from every possible point of view. This results in the constant search for new solutions that would achieve the desired result. The study attempted to reorganize the production process using data from the company, mapping the entire process taking into account the requirements of the customers. We analyzed the development of positions, additional employment for the needs of changes in the work on the production line. Changes are shown in the form of the proposed conditions in the mapping process. The reorganization of the production process will allow for the maintenance of regular customers in the enterprise and attracting new ones.

LITERATURA / BIBLIOGRAPHY

1. Chlebus T., *Cykl produkcyjny*, Wrocław 2012.
2. Durlik I., *Inżynieria zarządzania. Strategie organizacji produkcji, nowe koncepcje zarządzania*, cz. 1, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa 2007.
3. Liwowski B., Kozłowski R., *Podstawowe zagadnienia z zarządzania produkcją*, Kraków 2007.
4. Matuszek J., *Inżynieria produkcji*, Bielsko-Biała 2000.
5. Matuszek J., *Logistyka produkcji*, Wałbrzych 2012.
6. Pająk E., *Zarządzanie produkcją. Produkt, technologia, organizacja*, Warszawa 2006.