



Piotr KISIEL, Damian ZIÓLKOWSKI

# ANALIZA MOŻLIWOŚCI POPRAWY PRZEPIYWU MATERIAŁÓW W ZAKŁADZIE PRODUKCYJNYM

### *Streszczenie*

*Artykuł przedstawia wyniki analizy procesu produkcyjnego zakładu produkcji stolarki okiennej. Podstawowym celem wykonanych badań była ocena możliwości skrócenia czasu realizacji zamówienia. Przeprowadzone obserwacje skłoniły nas także do zaproponowania jednej ze znanych technik sterowania produkcją, co powinno poprawić bezpieczeństwo na stanowiskach pracy, oraz przynieść długofalowe efekty w postaci poprawy jakości wykonywanych produktów.*

### WSTĘP

Nie od dziś wiadomo, że każdy zakład produkcyjny wymaga odpowiedniej kontroli organizacji produkcji. Bez tego należyte jego funkcjonowanie było by niemożliwe. Czuwanie nad odpowiednim działaniem poszczególnych elementów systemu produkcyjnego wymaga podjęcia ściśle określonych działań i wniknięcia w każdy jego – nawet najmniejszy - szczegół. Logistycy od wielu lat starają się opracować metody które pozwoliły by, przy ich odpowiednim zastosowaniu dla konkretnego zakładu produkcyjnego, poprawić jego funkcjonowanie poprzez skrócenie zarówno czasu produkcji jak i zminimalizowanie strat oraz kosztów wytwarzania elementów. Metody sterowania i organizacji produkcji umożliwiają doskonalenie aktualnie istniejących systemów produkcyjnych poprzez osiąganie optymalnych poziomów czynników produkcyjnych oraz utrzymywanie właściwych relacji między nimi. Analizowanie funkcjonowania systemu produkcyjnego jest działaniem niezmiernie złożonym i wymagającym dużej wiedzy na temat rozwiązywania problemów wpływających na wiele sposobów na działanie produkcji [1].

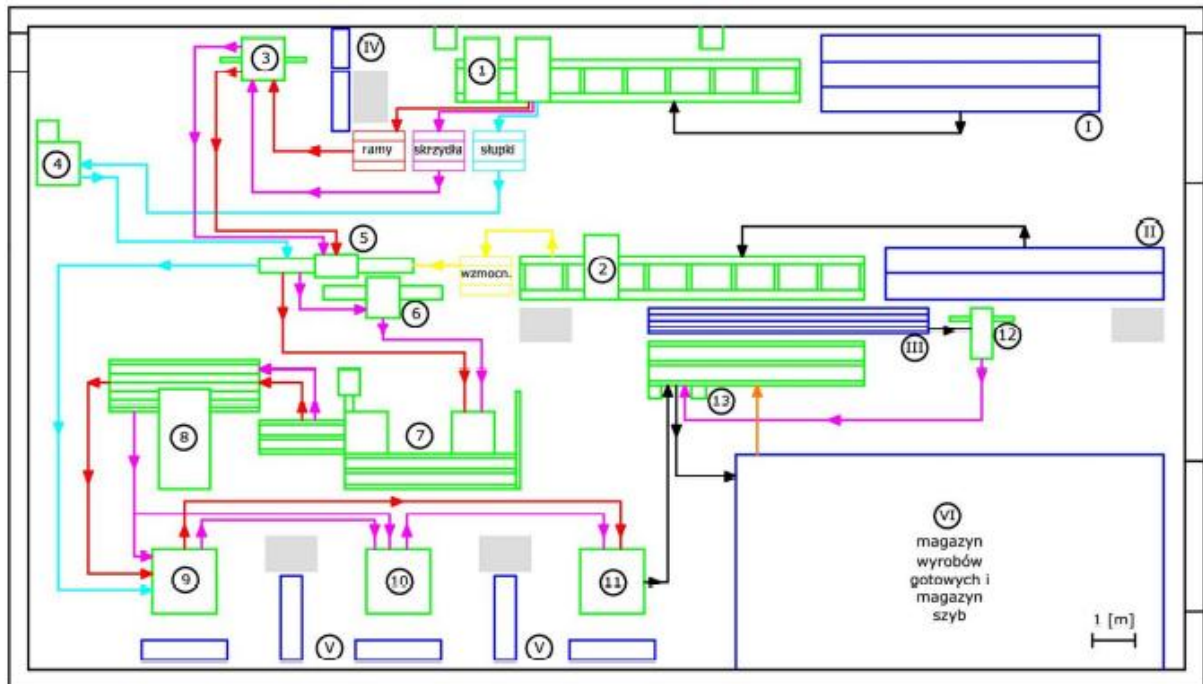
### 1. IDENTYFIKACJA OBIEKTU BADAŃ

W obecnym czasie firmy, które chcą utrzymać dobrą pozycję na rynku i oferować klientowi produkt najwyższej jakości, po akceptowalnej przez niego cenie, powinny kierować się trendami wyznaczanymi przez rozwój metod sterowania i organizacji produkcji [2,3].

Obiektem badań przedstawionym w artykule jest zakład zajmujący się produkcją stolarki okiennej. Na podstawie analiz systemu produkcyjnego przedstawiono kilka rozwiązań mogących polepszyć przepływ materiału, a tym samym szybszą realizację zamówień.

Na rysunku 1 przedstawiono utworzony na podstawie pomiarów plan hali produkcyjnej. Przedstawiono na nim dokładne rozmieszczenie agregatów produkcyjnych (oznaczone zielonym konturem), układ magazynów produktów gotowych i półfabrykatów (kolor

niebieski), oraz elementy dodatkowe tj. wózki transportowe i pojemniki na odpady produkcyjne.



**Rys. 1.** Rozmieszczenie urządzeń, magazynów i dróg transportowych w analizowanym przedsiębiorstwie

**Stanowiska produkcyjne:**

1. Cięcie profili PVC.
2. Cięcie profili stalowych.
3. Frezowanie rowków odwodnieniowych.
4. Frezowanie słupków.
5. Montaż wzmocnień stalowych.
6. Frezowanie i wiercenie otworów klamki i zasuwnicy.
7. Zgrzewanie naroży.
8. Frezowanie naroży ościeżnic i skrzydeł.
9. Montaż słupków i czyszczenie.
10. Okuwanie skrzydeł.
11. Okuwanie ościeżnic.
12. Cięcie listew przyszybowych.
13. Szklenie i kontrola jakości.

**Magazyny:**

- I. Magazyn profili PVC.
- II. Magazyn wzmocnień stalowych.
- III. Magazyn listew przyszybowych.
- IV. Magazyn odpadów do powtórnego wykorzystania.
- V. Magazyn okuć okiennych i elementów montażowych.
- VI. Magazyn wyrobów gotowych.

**Ścieżki transportowe:**

- transport elementów ram (ościeżnic) - kolor czerwony
- transport elementów skrzydeł – kolor różowy
- transport elementów słupków – kolor niebieski

- transport wzmocnień – kolor żółty
- transport z magazynów lub całych zespołów – kolor czarny
- transport zestawów szyb – kolor brązowy.

Dodatkowo zamieszczono trasy przepływu materiałów od magazynów wejściowych do magazynu wyrobów gotowych. Analizując poszczególne etapy produkcji zebrano czasy trwania operacji i czynności technologicznych. Przykładowe wyniki przedstawiono w tabeli 1.

**Tab. 1.** Zestawienie czasów cięcia profili ościeżnic

Nazwa operacji	Czas jedn. [s]	Ilość	Czas całkowity [s]
1. Podjęcie beli profilowej z magazynu i umieszczenie jej w maszynie	90	5	450
2. Zaprogramowanie maszyny	30	5	150
3. Pojedyncze cięcie	10	24	240
4. Przejazd głowicy tnącej	25	5	125
5. Odebranie i czyszczenie elementu, naklejenie etykiety i umieszczenie na wózku transportowym	35	12	420
6. Opisanie i odłożenie odpadu	17	2	34
			<b>1419</b>

Dla każdego ze stanowisk wydzielono zakres czynności i odpowiadające im wartości czasów realizacji z uwzględnieniem liczby powtórzeń danej czynności. Wyniki te posłużyły do dokonania szczegółowej analizy czasowej przebiegu produkcji, co z kolei pozwoliło na wychwycenie błędów w przepływie półproduktów i organizacji stanowisk pracy.

W tabeli 2 przedstawiono zestawienie czasów transportu materiałów pomiędzy stanowiskami produkcyjnymi w okresie realizacji zamówienia. Rozważono wszystkie kombinacje przejść pomiędzy stanowiskami (wg rys. 1), oraz rzeczywiste odległości, co pozwoliło oszacować czas transportu. Znajomość tych wartości jest niezbędna do oceny szybkości przemieszczania półproduktów w hali produkcyjnej, która jak wiemy nie dodaje żadnej wartości gotowemu produktowi. Otrzymane dzięki analizie wyniki pozwolą wyeliminować zbędny transport i tym samym zwiększyć płynność produkcji, a także zminimalizować czasy oczekiwania na materiał.

**Tab.2.** Zestawienie czasów transportu pomiędzy stanowiskami

Stanowisko wyjściowe	Stanowisko docelowe	Odległość [m]	Czas transportu [s]
1. Cięcie profili PVC	3. Frezowanie rowków odwadniających	7,5	15
1. Cięcie profili PVC	4. Frezowanie słupków	11	20

2. Cięcie wzmocnień	5. Wkręcanie wzmocnień	2	7
3. Frezowanie odwodnień	5. Wkręcanie wzmocnień	4	10
4. Frezowanie słupków	5. Wkręcanie wzmocnień	6,5	12
5. Wkręcanie wzmocnień	6. Klamkownica	4	10
5. Wkręcanie wzmocnień	7. Zgrzewarka	6	15
5. Wkręcanie wzmocnień	9. Montaż I	11	22
6. Klamkownica	7. Zgrzewarka	3,5	6
7. Zgrzewarka	8. Obrabiarka CNC	3,5	15
8. Obrabiarka CNC	9. Montaż I	5,5	13
8. Obrabiarka CNC	9. Montaż II	10	25
8. Obrabiarka CNC	10. Montaż III	16	40
9. Montaż I	10. Montaż II	5	15
9. Montaż I	10. Montaż III	12	30
10. Montaż II	11. Montaż III	5	15
11. Montaż III	13. Szklenie	5	25
12. Cięcie listew	13. Szklenie	2	4
13. Szklenie	Magazyn wyrobów gotowych	6	35

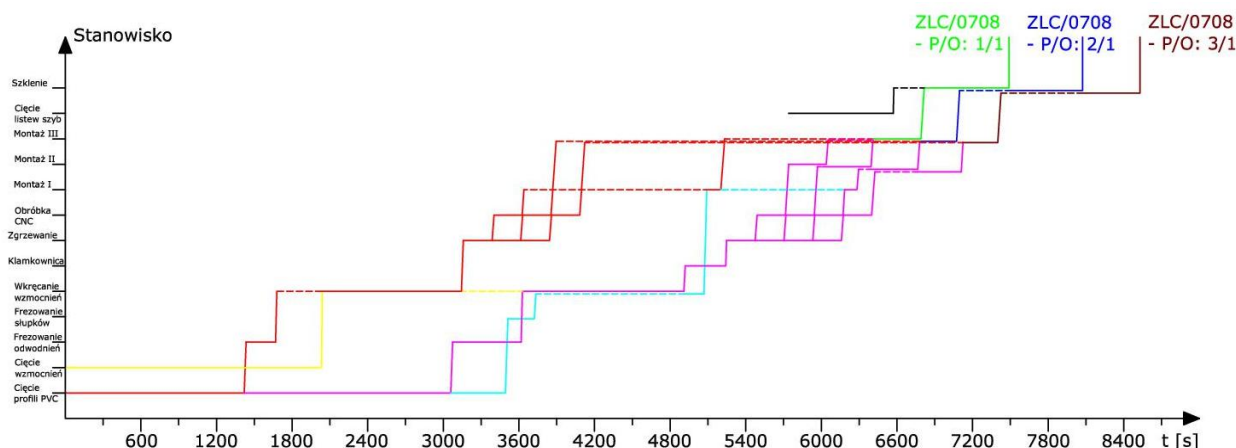
Interpretacja graficzna jest ważnym elementem analizy systemu produkcyjnego. Pozwala na zobrazowanie otrzymanych wyników pomiarów czasowych poprzez zestawienie ich w przejrzystej formie grafu przejść pomiędzy stanowiskami. Taki zabieg ułatwia późniejsze podsumowanie przeprowadzonej analizy i wyciągnięcie odpowiednich wniosków.

Istnieje wiele metod tworzenia grafów przejść. W celu zwiększenia przejrzystości i podkreślenia istotnych elementów, dla potrzeb badanego zakładu zastosowano własne opracowanie wykresu bazując po części na chronometrażu stosowanym w metodzie Mapowania Strumienia Wartości (VSM).

## 2. ANALIZA WYNIKÓW

Wykres przedstawiony na rys. 2 wykonano w klasycznym układzie współrzędnych, gdzie oś pozioma reprezentuje czas przejścia danego elementu przez proces produkcyjny, od momentu podjęcia półfabrykatu z magazynu, do zejścia z linii montażowej gotowego elementu okiennego. Na osi pionowej umieszczono kolejno stanowiska produkcyjne zaczynając od cięcia profili PVC, a kończąc na stanowisku szklenia i ostatecznej kontroli jakości. Rozróżnienie kolorów linii wykresu pozwala na wyodrębnienie poszczególnych półfabrykatów przemieszczających się pomiędzy stanowiskami. W miarę pokonywania kolejnych etapów produkcji półfabrykaty ulegają połączeniu ze sobą w sposób trwały i po tej operacji funkcjonują na grafie jako oznaczony innym kolorem element gotowego produktu. Linie poziome ciągłe odpowiadają za czas obróbki na stanowisku, linie poziome przerywane

za czas oczekiwania na zejście poprzedniego elementu ze stanowiska, a linie pionowe (w dużym powiększeniu lekko pochylone) za czas transportu pomiędzy stanowiskami.



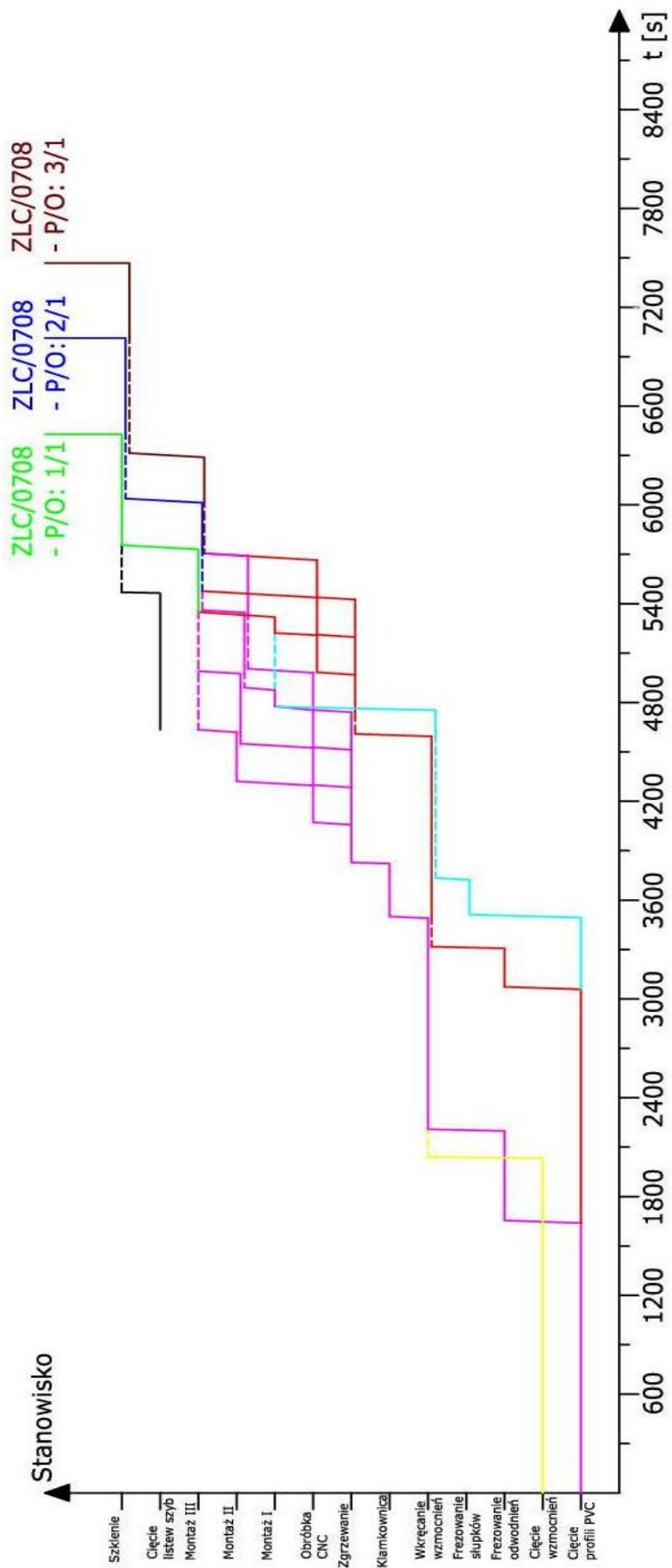
**Rys. 2.** Charakterystyka czasowa przebiegu produkcji zamówienia

Analizując rysunek 2 zauważyć można, że cały proces produkcyjny uzależniony jest od odpowiedniego doboru kolejności cięcia profili PVC na stanowisku nr 1. Pracownik ma obok siebie trzy wózki z profilami i przystępuje do cięcia kolejno profili ościeżnic, następnie po zakończeniu odstawia wózek i rozpoczyna cięcie profili skrzydeł, a ostatecznie słupków. Ilość ciętych profili zależna jest od wielkości zamówienia, jednak zawsze proces przebiega według takiego samego schematu. Ponieważ w zakładzie jest tylko jedno stanowisko cięcia profili PVC, oczywistym faktem jest, że wózki z dociętymi i odpowiednio opisanymi profilami opuszczają stanowisko cięcia w pewnych odstępach czasu. Profile ulegają trwałemu połączeniu dopiero na stanowisku zgrzewania, tymczasem do tego momentu obrabiane są partiami (osobno ramy, skrzydła i słupki). Kompletne skrzydła i ościeżnice składane są w jedną całość na stanowisku ostatecznego montażu.

Analizując przepływ półproduktów pomiędzy stanowiskami zaobserwowano długie czasy oczekiwania wózków z profilami na stanowisku wkręcania wzmocnień. Powodem tego jest nie wykonanie wzmocnień na czas, przed dostarczeniem profili PVC do wkręcania. Na etapie montażu ościeżnice oczekują na skrzydła, które muszą być dostarczone, aby pracownik był w stanie w prawidłowy sposób zamontować okucia do ramy i przykręcić do niej skrzydło. Widoczne długie postoje na stanowiskach pomiędzy wykonywaniem poszczególnych operacji technologicznych przekładają się na zmniejszenie wykorzystania agregatów produkcyjnych. Przyczyną może być nieodpowiedni dobór kolejności przepływu materiałów pomiędzy nimi. Należałoby zastanowić się, czy wprowadzenie pewnych prostych zmian nie poprawiłoby płynności przepływu materiałów w procesie produkcyjnym.

Modyfikacja którą należałoby przeprowadzić polegała by głównie na zmianie kolejności cięcia elementów.

Wyniki takiej hipotetycznej modyfikacji przedstawiono na rysunku 3.

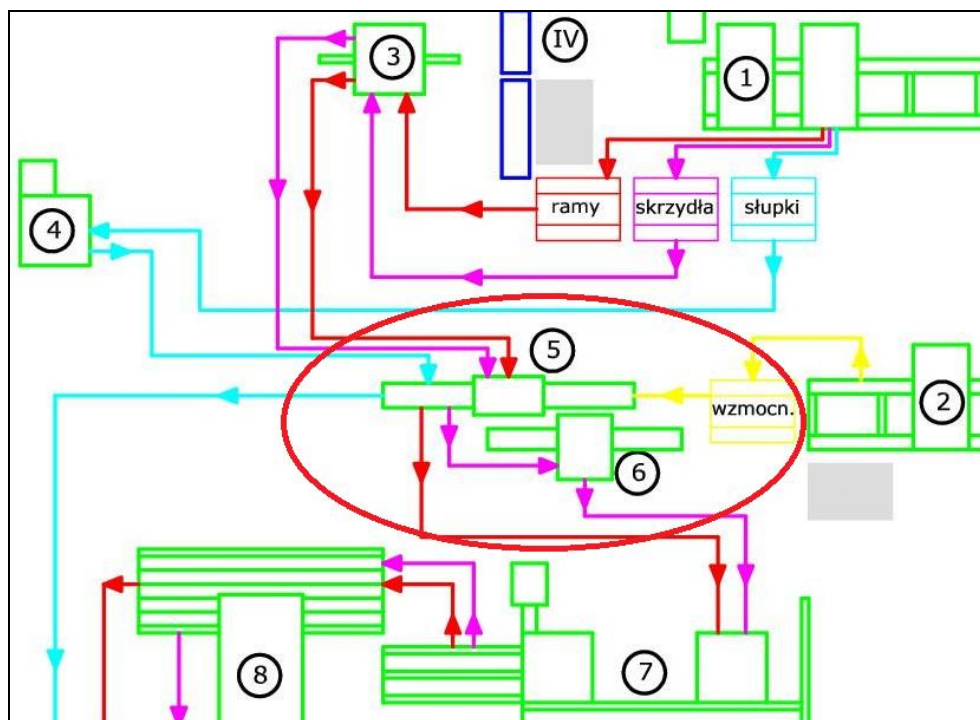


Rys. 3. Charakterystyka czasowa przebiegu produkcji zamówienia po korekcie

Na rysunku 3 zauważyć można znaczną poprawę płynności produkcji. Skrócono czasy oczekiwania na półprodukty na stanowisku wkręcania wzmocnień stalowych. Największa poprawa nastąpiła na stanowiskach montażu końcowego – tutaj czasy oczekiwania zostały zmniejszone do ok.  $5 \div 10$  [min]. Przed zmianą ostatni z elementów zamówienia został wyprodukowany po całkowitym czasie równym:  $8528$  [s]  $\cong 142$  [min], natomiast po wprowadzeniu zamiany kolejności operacji na stanowisku cięcia profili PVC czas ten uległ skróceniu do  $7468$  [s]  $\cong 124$  [min].

Przeprowadzona modyfikacja miała charakter czysto teoretyczny. Nie mniej jednak uzyskana wartość całkowitego czasu przejścia produktu od momentu rozpoczęcia realizacji zamówienia, do uzyskania gotowego wyrobu uległa zmniejszeniu o blisko  $13\%$ . Jest to bardzo dobry wynik pokazujący przede wszystkim, jak bez żadnej poważnej ingerencji w cykl produkcji można znacznie skrócić czas potrzebny na uzyskanie gotowego wyrobu.

Ostatnim z wykrytych problemów jest brak odpowiedniej organizacji transportu. Hala produkcyjna jest dosyć mała jak na ilość maszyn, która się w niej znajduje. Analizując rys. 1 można stwierdzić, że poruszanie się wózkami wypełnionymi dociętymi profilami pomiędzy niektórymi ze stanowisk może stwarzać niejednokrotnie spore problemy pracownikom. Poprawę płynności transportu należało by rozpocząć od ponownej analizy rozmieszczenia maszyn na hali. Rozmiary hali oraz usytuowanie wejść i wyjść narzucają przepływ produkcji w kształcie litery „U” i taki też w obecnej chwili jest realizowany. Jednak zakłócenie płynności jest widoczne w miejscu usytuowania stanowiska montażu wzmocnień stalowych (5) i wiercenia otworów pod kłamekę (6) (rys. 4). Z racji tego, że są to stosunkowo lekkie maszyny, a ich przemieszczenie po hali nie będzie kłopotliwe należało by rozważyć zmianę ich usytuowania pod kątem poprawy płynności transportu.



Rys. 4. Miejsce dużego zagęszczenia ścieżek transportowych na hali

Kolejnym krokiem po przeorganizowaniu umiejscowienia maszyn na hali jest opracowanie przebiegu ścieżek transportowych i oznaczenie ich na posadzce hali za pomocą np. żółtych linii, które będą dobrze widoczne dla wszystkich pracowników. W obecnej chwili zakład nie ma wytyczonych dróg transportowych a ich brak może przysporzyć sporo kłopotów w przypadku kontroli instytucji za to odpowiedzialnych.

### 3. WPROWADZENIE ZASAD 5S

W badanym przedsiębiorstwie kolejnym z widocznych problemów jest brak systematyki i samodyscypliny wśród pracowników. Stanowiska pracy są często zaśmiecone, co powoduje nawet kłopoty ze znalezieniem narzędzi. Prawdopodobnie problem leży nie tylko w podejściu samych pracowników, lecz również w rękach ich bezpośrednich przełożonych, którzy powinni wykazać nieco więcej inicjatywy w egzekwowaniu wykonywania takich czynności jak np. odpowiednie dbanie o stan techniczny maszyn i sprzątanie swojego miejsca pracy.

Pomocne w rozwiązaniu problemu powinno być zastosowanie zasad 5S w odniesieniu do badanego zakładu. Poniżej przedstawiono zestawienie czynności, których realizacja jest konieczna w celu usystematyzowania pracy na stanowiskach produkcyjnych. Dopiero po ich realizacji i pozytywnym przyjęciu przez pracowników możliwe będzie kontynuowanie doskonalenia procesu w oparciu o wprowadzenie innych metod sterowania produkcją. Proces wdrożenia zasad 5S powinien rozpocząć się od wyznaczenia grupy osób za niego odpowiedzialnych (m.in. brygadzista zmiany i bezpośredni kierownik produkcji).

#### 1. Sortowanie

Podstawowym działaniem, od którego należy zacząć jest wykonanie wykazu niezbędnych do pracy na każdym stanowisku produkcyjnym narzędzi. Ważne jest, aby były to wyłącznie te narzędzia, bez których właściwa obsługa maszyny czy jej przebrojenie i ewentualna kalibracja jest niemożliwa. Wszelkie narzędzia, które znalazły się na stanowisku przez przypadek i ich obecność jest zbędna powinny zostać usunięte.

Tok postępowania przy realizacji wyżej wymienionego etapu:

- wykonanie wykazu narzędzi niezbędnych do pracy na stanowisku – przeprowadzenie rozmów z pracownikami powinno w znaczący sposób pomóc w wykonaniu zadania,
- usunięcie niepotrzebnych narzędzi,
- przygotowanie listy narzędzi dla każdego stanowiska i umieszczenie jej w sposób trwały przy każdej maszynie tak, aby była możliwie najlepiej widoczna,
- poinformowanie pracownika o konieczności stosowania wyłącznie narzędzi umieszczonych na liście, oraz o jego odpowiedzialności za ich stan i obecność na miejscu pracy,
- regularne kontrole stanu narzędzi na stanowiskach.

#### 2. Systematyka

Kolejnym etapem po wykonaniu segregacji narzędzi na stanowiskach jest ich odpowiednie umiejscowienie. Polegało by to w głównej mierze na wyznaczeniu ściśle określonych miejsc, gdzie narzędzia mają się znajdować w taki sposób, aby dostęp do nich był możliwie najłatwiejszy i najszybszy. Ważne jest także, aby ich umiejscowienie nie powodowało żadnych utrudnień w pracach wykonywanych na stanowisku, oraz nie stwarzało zagrożenia dla bezpieczeństwa.

Tok postępowania przy realizacji etapu:

- przeprowadzenie rozmów z pracownikami i ustalenie w porozumieniu z nimi miejsc na stanowiskach produkcyjnych, w których narzędzia będą umiejscowione w sposób optymalny pod względem łatwości i szybkości dostępu,
- opracowanie sposobu składowania narzędzi tj. dla niektórych stanowisk wymagane będzie zastosowanie dodatkowych stojaków, a dla innych podwieszanych półek,
- umieszczenie narzędzi w wyznaczonych do tego miejscach i udzielenie pracownikom instrukcji odnośnie zasad korzystania z nich – po każdym użyciu narzędzie powinno zostać odłożone na swoje miejsce,



- regularne kontrole pracowników w początkowej fazie realizacji tego etapu.

Stanowiskami, które muszą zostać poddane szczególnej uwadze są stoły montażowe okuć okiennych. Proces montażu mógłby zostać w znaczący sposób skrócony gdyby zastosowano zwartą konstrukcję stołów, a stosowane okucia znajdowały się w zasięgu ręki pracownika. Obserwacje podczas procesu produkcji w zakładzie wykazały znaczną stratę czasu na szukanie elementów montażowych, które znajdują się na regałach wokół stanowiska pracy i wymuszają tym samym ciągle przemieszczanie się monterów.

### 3. Sprzątanie

Równocześnie z realizacją dwóch pierwszych etapów wdrożenia zasad 5S powinna przebiegać organizacja regularnego sprzątania stanowisk produkcyjnych. Podczas analizy procesu produkcji w zakładzie zauważono wiele oznak sygnalizujących brak higieny pracowników na stanowiskach pracy. Nieporządek panujący przy maszynach utrudniał przede wszystkim odnalezienie potrzebnych narzędzi i wydłużał czas potrzebny na oczyszczanie półfabrykatów z wiór itp.

Tok postępowania przy realizacji wyżej wymienionego etapu:

- zobligowanie pracowników do konieczności sprzątania stanowiska po każdej kończącej się zmianie,
- opracowanie i wprowadzenie karty pracy – pracownik podpisuje kartę po każdej zmianie i tym samym odpowiada za stan pozostawionego stanowiska pracy,
- regularne kontrole czystości na stanowiskach.

Elementem wspomagającym zachowanie czystości jest wyposażenie każdego stanowiska w dodatkowe pojemniki na odpady. Kosze na odpady o większych gabarytach znajdują się przy: cięciu profili PVC, cięciu wzmocnień, montażu okuć i cięciu listew przyszybowych. Dodatkowo jednak na każdym z pozostałych stanowisk produkcyjnych konieczne jest zastosowanie mniejszych koszy na odpady takie jak: wióry obróbkowe, zużyte wkręty itp.

### 4. Standaryzacja

Najważniejszym etapem wdrożenia zasady 5S jest regularna kontrola i konsekwencja w realizacji podjętych działań. W przypadku badanego zakładu do osoby, bądź zespołu osób wyznaczonych do wdrożenia 5S, powinien należeć poniższy zakres obowiązków:

- regularna kontrola czystości maszyn,
- kontrola kompletności zestawów narzędzi na stanowiskach i ich stanu technicznego,
- kontrola pracowników pod względem utrzymywania czystości maszyn i porządku wśród narzędzi,
- raportowanie kierownikowi produkcji wyników przeprowadzanych działań,
- podkreślanie wagi prowadzonych działań wśród pracowników i ciągła mobilizacja,
- dążenie do tego, aby wprowadzane zasady stały się codziennym obowiązkiem i czynności były z czasem wykonywane w sposób automatyczny.

### 5. Samodyscyplina

Ostatnim, a zarazem najtrudniejszym etapem jest samodyscyplina wśród pracowników. To pracownicy muszą zrozumieć, że zmiana pewnych przyzwyczajęń i zachowań wpłynie w pozytywny sposób na komfort ich pracy.

W przypadku badanej firmy pomocne mogą być poniższe propozycje:

- prowadzenie statystyk wśród pracowników pod kątem prawidłowego wykonywania powierzonych zadań,

- przeznaczenie ostatnich 15 [min] zmiany na posprzątanie stanowisk – brak konieczności zostawiania po godzinach pracy, zastosowanie premii finansowych dla najbardziej efektywnych pracowników.

## PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono analizę systemu produkcji w wybranym przedsiębiorstwie stolarki okiennej. Wynikiem przeprowadzonych obserwacji był graf czasów przejść elementów pomiędzy poszczególnymi etapami produkcji. Zestawienie to pozwoliło na wyodrębnienie etapów procesu wpływających niekorzystnie na przebieg realizacji zamówienia. Zaproponowano modyfikację w kolejności wykonywanych elementów na stanowisku cięcia, co powinno skutkować poprawą w przepływie materiałów przez system produkcyjny. Ta prosta zmiana pozwoliła by na skrócenie czasu wykonywania zamówienia o około 13%. Zaproponowane zmiany należy poddać krytycznej ocenie i przeprowadzić pomiary dla większej ilości zamówień, co pozwoli ocenić ich poprawność.

Określenie zasad 5S dla badanego przedsiębiorstwa produkcyjnego jest najważniejszą z zaproponowanych zmian. Wprowadzenie 5S może znacząco wpłynąć na poprawę funkcjonowania przedsiębiorstwa. Propozycje wchodzące w skład zasad 5S przemyślano pod kątem minimalizacji kosztów wdrożenia, a zarazem maksymalnej poprawy bezpieczeństwa i komfortu pracy.

## ALYSIS OF THE OPPORTUNITIES TO IMPROVE THE FLOW OF MATERIALS IN THE PRODUCTION PLANT

### *Abstract*

*The article presents results of the analysis of the production process production plant windows. The primary objective of the tests was to evaluate the possibility of reducing the performance of the contract. Conducted observations prompted us also to propose one of the known techniques of production control, which should improve safety in the workplace, and bring long-term effects in terms of improved quality of products.*

## BIBLIOGRAFIA

1. Brzeziński M.: *Organizacja i sterowanie produkcją*. Warszawa, A. W. PLACET 2002.
2. Gajdzik B., Wieszała R.: Wpływ doboru pojazdów w systemach logistycznych na poziom hałasu na placu manewrowym przedsiębiorstwa transportowego. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*, nr 10, 2010.
3. The Productivity Press Development Team: *Identyfikacja marnotrawstwa na hali produkcyjnej*, ProdPress.com 2008.
4. The Productivity Press Development Team: *5 S dla Operatorów. 5 filarów wizualizacji miejsca pracy*, ProdPress.com 2008.
5. Womack J.P., Jones D.T.: *Lean thinking – szczupłe myślenie*, Wrocław, ProdPress.com 2008.
6. Zwolińska B.: *Jakość usług spedycyjnych – klasyfikacja i parametry ich oceny*. *Logistyka* 2011, nr 6.

*Autorzy:*

**Piotr KISIEL, Damian ZIÓLKOWSKI**