

REDUKCJA MARNOTRAWSTWA RUCHU W PRZEDSIĘBIORSTWIE PRODUKCYJNYM – STUDIUM PRZYPADKU

Maciej BIELECKI, Paulina STASZEWSKA

Streszczenie: artykuł prezentuje metodykę działań związanych z redukcją jednego z rodzajów marnotrawstwa – ruchu, na przykładzie konkretnego przedsiębiorstwa produkcyjnego. Autorzy prezentują wyniki badań oraz wybrane narzędzia służące do analizy zebranych danych, które pozwalają zidentyfikować podstawowe miejsca związane z występowaniem marnotrawstwa ruchu. Opracowanie kończą wnioski, wytyczne dla przedsiębiorstwa, stanowiące kierunki działań doskonalących, których celem jest racjonalizacja ruchu przy stanowiskach roboczych.

Słowa kluczowe: marnotrawstwo, oszczędność, wykres spaghetti

1. Wstęp

Wyzwania stojące przed przedsiębiorstwami produkcyjnymi coraz częściej wymuszają poszukiwanie doskonalszych metod i technik wytwarzania oraz doskonalenia sfery organizacyjnej. Celem każdego z podejmowanych usprawnień, jest podnoszenie skuteczności i efektywności procesów. Jedną z koncepcji pozwalających osiągnąć zaprezentowane założenia jest idea *Lean Management* (Szczupłe Zarządzanie), lub w węższym zakresie *Lean Manufacturing* (Szczupłe Wytwarzanie), której nadrzędnym celem jest eliminacja wszelkiego marnotrawstwa z procesów firmy. Mówiąc o marnotrawstwie, należy odwołać się do pierwowzoru, który wywodzi się z japońskiej kultury zarządzania i łączy się z japońskim słowem *muda* oznaczającym marnotrawstwo, którego eliminowanie jest głównym punktem większości inicjatyw podejmowanych na rzecz szczupłej produkcji. Należy zwrócić uwagę, że marnotrawstwu można umiejętnie zaradzić, a przejawy marnotrawstwa, wynikające z najbardziej powierzchownej obserwacji tego, co dzieje się codziennie w każdym przedsiębiorstwie, potwierdzają, że marnotrawstwo jest wszędzie.

Eliminacja marnotrawstwa nierozdzielnie wiąże się ideą ciągłego doskonalenia (*Kaizen*) realizowaną na co dzień, przez każdego pracownika, w każdym miejscu. Jednym z ważniejszych elementów filozofii *Kaizen* jest eliminacja strat, reorganizacja miejsca pracy lub znalezienie lepszego sposobu wykonywania pracy. Metody te, opierają się na przywiązywaniu wagi do szczegółów i zdrowego rozsądku, aby poprzez racjonalne, nisko kosztowe rozwiązania, doskonaląc procesy każdego przedsiębiorstwa.

Koncepcja *Lean Manufacturing* eliminuje działania nie dodające wartości poprzez odpowiednią organizację pracy. Szczupłe podejście do produkcji jest obecnie uważane za najskuteczniejszy sposób na radykalne podniesienie produktywności, skrócenie czasu cyklu produkcyjnego i zmniejszenie marnotrawstwa, a tym samym zwiększenie przewagi konkurencyjnej. Każde zajęcie nie dodające wartości wpływa negatywnie na działanie całego aparatu produkcyjnego. Oznacza to, iż nawet małe usprawnienia w wielu procesach

stopniowo się kumulują, co w rezultacie prowadzi do znaczącego poprawienia jakości i korzyści finansowych. *Lean Manufacturing* daje możliwość wytwarzania większej ilości towaru wykorzystując przy tym mniej czasu, miejsca, maszyn oraz mniej wysiłku ludzkiego.

W obecnych czasach, na tak konkurencyjnym rynku, eliminacja marnotrawstwa nie jest tylko możliwością, ale również koniecznością. Podjęcie działań w tym kierunku pozwoli przedsiębiorstwu pozyskać kolejnych klientów oraz utrzymać swoją pozycję w tym przybierającym coraz większe tempo wyścigu gospodarczym.

2. Marnotrawstwo, nieregularność i nadmierne obciążenie jako kluczowe obszary doskonalenia procesów

Każda praca jest serią procesów lub kroków, począwszy od surowców, a skończywszy na gotowym produkcie lub usłudze. Wartość jest dodawana do produktu (dokumentu lub informacji) w każdym procesie i przekazywana do kolejnego procesu. W każdym z procesów zasoby – ludzie i maszyny – albo dodają wartość, albo jej nie dodają. Każde działanie, które konsumuje zasoby, a nie przynosi wartości jest marnotrawstwem [3].

Rozważanie problemu marnotrawstwa, czyli *muda* należy zacząć od zdefiniowania trzech typów czynności zachodzących wewnątrz organizacji [1]:

- **czynności dodające wartości:** te czynności, które z punktu widzenia klienta powodują zwiększenie wartości produktu lub usługi. Czynności dodające wartość jest łatwo określić – należy odpowiedzieć na pytanie, czy klient będzie zadowolony, że zapłaci za tę czynność (np. naprawa zepsutego samochodu);
- **czynności niedodające wartości:** te czynności, które z punktu widzenia klienta nie powodują zwiększenia wartości produktu lub usługi i są zbędne nawet przy obecnych warunkach funkcjonowania przedsiębiorstwa. Czynności te są marnotrawstwem i dlatego powinny być wyeliminowane natychmiast bądź też w krótkim czasie (np. przenoszenie wyrobu z kontenera jednego rozmiaru do innego, po to by było go łatwiej przemieszczać);
- **niezbędne czynności niedodające wartości:** te czynności, które z punktu widzenia klienta nie powodują zwiększenia wartości produktu lub usługi, jednakże są niezbędne dopóki nie nastąpi radykalna zmiana łańcucha dostaw, sytuacji firmy czy też jej otoczenia. Ten typ marnotrawstwa jest trudniejszy do wyeliminowania w krótkim okresie czasu i powinien znaleźć się w celach długoterminowych.

Taiichi Ohno jako pierwszy zauważył ogromną różnorodność marnotrawstwa, jaka istniała na stanowiskach pracy (czyli w *gemba* - z jap. „rzeczywiste miejsce”, gdzie zostaje dodana wartość, które w przypadku produkcji zwykle odnosi się do hali produkcyjnej), co sprawiło, że zdefiniował siedem podstawowych typów marnotrawstwa [3]: nadprodukcji, zapasów, napraw/braków, ruchu, przetwarzania, oczekiwania, transportu.

Wraz z problemem *muda* pojawiają się także *mura* i *muri* i często występują razem. W Japonii nazywa się te słowa mianem „trzy MU”. *Mura* oznacza nieregularność, zmienność, a *muri* – nadmierne obciążenie.

Nieregularność występuje, gdy płynna praca operatora, przepływ części i maszyn albo program pracy zostają przerwane. Na przykład, gdy na linii produkcyjnej pracują operatorzy i każda osoba wykonuje przydzieloną powtarzającą się czynność, zanim prześle produkt dalej. Jeżeli jedna z nich wykonuje zadanie dłużej niż pozostali, rezultatem są *mura* oraz *muda*, ponieważ praca wszystkich operatorów musi być dostosowana do tempa

najwolniejszej osoby [3] - zbieżne jest to także z teorią ograniczeń Goldratt'a (*Theory of Constraint*) [2].

Muri oznacza nadmierne obciążenie zarówno pracowników, maszyn jak i procesów pracy (produkcyjnych). Na przykład, jeśli nowo zatrudnionemu pracownikowi, bez odpowiedniego szkolenia, przydziela się pracę wykonywaną wcześniej przez starszego stażem pracownika, zadanie może okazać się zbyt trudne i zachodzi prawdopodobieństwo, że nowy operator będzie pracował wolniej i popełniał wiele błędów, co prowadzi do marnotrawstwa [3]. Wszystko, co nadmiernie obciąża lub wprowadza nieregularność, wskazuje na problem. *Muda*, *mura* i *muri* są razem wygodnymi obszarami kontrolnymi, pozwalającymi zidentyfikować odchylenia od normy na stanowisku pracy [3].

Ponieważ analiza i ocena wszystkich trzech elementów obniżających wartość procesów tj. marnotrawstwa, nieregularności oraz nadmiernego obciążenia prezentuje pewną hierarchiczną strukturę, dlatego rozpoczęcie większości prac dotyczących racjonalizacji procesów w kierunku zwiększania wartości dodanej w sposób naturalny powinno rozpoczynać się od identyfikacji i eliminacji marnotrawstwa. Dopiero właściwe rozpoznanie problematyki marnotrawstwa w przedsiębiorstwie, może stać się punktem wyjścia do rozpoczęcia prac nad racjonalizacją procesów w kierunku eliminacji nadmiernego obciążenia oraz nieregularności. Z tego powodu dalsza część artykułu odnosić się będzie do szeroko rozumianej problematyki marnotrawstwa.

3. Charakterystyka badanego procesu

Prezentowane w artykule studium przypadku odnosi się do przedsiębiorstwa, które jest producentem wózków dziecięcych. Produkcja w zakładzie odbywa się na sześciu liniach produkcyjnych: trzech głównych liniach montażowych wózków, linii montażu gondol, linii przygotowującej półwyroby, linii naprawy wózków oraz linii Pick&Pack, na której odbywa się kompletacja, czyli ubieranie gotowych stelaży pod odpowiednie zamówienie klienta.

Zakład pracuje podczas jednej ośmiogodzinnej zmiany przez 5 dni w tygodniu. W zależności od zapotrzebowania praca podejmowana jest również w soboty. Proces montażu wózka przebiega podobnie na wszystkich liniach, dlatego też postanowiono przeanalizować przepływ procesu montażu wózka, który jest najbardziej złożonym procesem montażu realizowanym w zakładzie. W porównaniu do pozostałych modeli wózków, analizowany wózek składa się z największej ilości drobnych części i podzespołów. Procesy technologiczne w przedsiębiorstwie to głównie procesy montażu wymagające pracy ludzkich rąk. Wózek montowany jest zarówno z półfabrykatów wcześniej wykonanych na linii produkcyjnej półwyrobów, jak i z elementów pochodzących od dostawców z zewnątrz. Dostawy półwyrobów i komponentów odbywają się za pomocą tzw. „*picking list*”, systemu kanban (jedynie sprężyny i części z tworzyw sztucznych) oraz za pomocą pracowników dystrybucji zewnętrznej (elementy metalowe). Tekstylna, takie jak budki, gondole, siedziska, muflki, torby, parasolki wydawane są w zależności od konkretnych zamówień wysyłki zwolnionych przez Dział Obsługi Klienta.

Na linii montażu wózków pracuje 17 osób, 15 osób bezpośrednio na linii montażu, brygadzysta i jedna osoba przy stanowisku zewnętrznym zajmującym się przygotowaniem kartonów. Linia montażu wózków składa się z czterech gniazd, z czego trzy z nich zajmują się montażem podzespołów (zawieszenie tylne wózka, nożyce przednie, ramiona), które przechodzą kolejno do gniazda montażu końcowego stelaża wózka. Zmontowany wózek poddawany jest kontroli jakości i prostoliniowości jazdy. Jeżeli nie ma zastrzeżeń co do

poprawności wykonania wózka zostaje on skierowany do pakowacza. Produkcja wózków Y odbywa się w ciągu 20 operacji, które zostały przedstawione w punktach: 1) przygotowanie profilu zawieszenia tylnego I; 2) przygotowanie profilu zawieszenia tylnego II.; 3) przygotowanie rury zawieszenia tylnego; 4) montaż zawieszenia tylnego; 5) montaż osi zawieszenia tylnego; 6) donitowanie rury kosza do zawieszenia tylnego; 7) montaż nożyc przednich I; 8) montaż nożyc przednich II; 9) przygotowanie profili rączki P i L; 10) montaż profilu prawego rączki, przygotowanie L; 11) montaż profilu lewego rączki; 12) montaż I; 13) montaż II; 14) montaż III; 15) montaż IV; 16) kontrola jakości; 17) przygotowanie kartonów; 18) pakowanie; 19) kompletacja (Pick&Pack); 20) wysyłka.

Tak zaprezentowany proces, staje się punktem wyjścia do przedstawienia metodyki badawczej oraz analizy wyników badań prowadzącej do zaproponowania koncepcji redukcji konkretnego rodzaju marnotrawstwa dla przykładowych procesów.

4. Metodyka badawcza

Głównym celem badań była analiza i ocena organizacji procesu produkcji przedsiębiorstwa pod kątem identyfikacji obszarów wymagających eliminacji marnotrawstwa. Obszar badań został zawężony do jednej konkretnej linii produkcyjnej, nacechowanej najbardziej skomplikowanym procesem montażu jaki realizowany jest w zakładzie. Aby osiągnąć założony cel, proces badawczy został podzielony na dwa główne etapy:

- etap I – badania pilotażowe, których celem była identyfikacja dominujących rodzajów marnotrawstwa w przedsiębiorstwie,
- etap II – badania właściwe, których celem było zebranie szczegółowych danych dotyczących dominujących rodzajów marnotrawstwa.

Pierwszy etap badań, czyli badania pilotażowe, zostały przeprowadzone przy użyciu kwestionariusza ankietowego wywiadu. Ich podstawowym założeniem była weryfikacja czy problem marnotrawstwa rzeczywiście występuje w zakładzie oraz jakie typy marnotrawstwa są dominujące. Kwestionariusz ankietowy składał się z 11 pytań oraz metryczki. Wśród zestawu pytań najważniejsze dotyczyły:

- identyfikacji obszarów wymagających doskonalenia na stanowiskach pracy,
- identyfikacji konkretnych rodzajów marnotrawstwa na stanowiskach roboczych.

W badaniu wzięło udział 18 osób: Kierownik Produkcji, Brygadzysta oraz 16 operatorów linii montażu wózków. Na podstawie wyników badań ankietowych spośród siedmiu typów marnotrawstwa (nadprodukcja, zapasy, naprawy/braki, zbędny ruch, przetwarzanie, oczekiwanie, transport) dominujący okazał się typ marnotrawstwa – marnotrawstwo ruchu. W ten sposób wskazano kierunek II etapowi badań.

Drugi etap badań, opierał się na założeniu, że na linii montażu wózków pojawia się marnotrawstwo ruchu. Aby można było zidentyfikować miejsca występowania tego typu marnotrawstwa wybrano konkretne narzędzie koncepcji *Lean Manufacturing* – wykres spaghetti, który właściwie obrazuje zakres wykonywanych przemieszczeń pracowników. Aby jednak można było, wykorzystać wspomniane wyżej narzędzie analityczne, należało sformalizować schemat badanej linii montażu poprzez:

- naniesienie rozmieszczenia maszyn i urządzeń na badanej linii,
- wyszczególnienie tras pokonywanych przez pracowników przy poszczególnych czynnościach.

Tak zebrane dane mogły posłużyć do wykonania analizy marnotrawstwa ruchu na danej linii montażowej. Zastosowanym w II etapie badań narzędziem badawczym była analiza

materiałów udostępnionych przez firmę, metoda wywiadu swobodnego z pracownikami oraz metoda obserwacji oparta na koncepcji *muda walk* (na wejściu do stanowiska pracy, gdzie bezpośrednio odbywają się procesy). Wnioski z przeprowadzonych rozmów notowane były bezpośrednio po przeprowadzeniu rozmowy, bądź też po wyjściu z zakładu. Metoda wywiadu okazała się bardzo przydatna, przede wszystkim do uchwycenia istoty technologii wytwarzania produktów przez przedsiębiorstwo. Możliwość nieskrępowanego poruszania się w badanym środowisku pozwoliła na swobodne przyglądanie się pracy operatorów, co zaowocowało wnikliwą obserwacją wszystkich badanych stanowisk pod kątem występowania marnotrawstwa.

Po przeprowadzeniu badań właściwych, wykonano analizę danych. Na podstawie wyników przeprowadzonej analizy wyznaczone zostały stanowiska, które obciążone były największym marnotrawstwem ruchu i dla tych właśnie stanowisk, zostały opracowane działania naprawcze, których nadrzędnym celem była redukcja marnotrawstwa.

5. Wyniki badań

Celem badań pilotażowych była identyfikacja kluczowych rodzajów marnotrawstwa w przedsiębiorstwie. Opracowany kwestionariusz ankiety składał się z 11 pytań. Analizując wybrane odpowiedzi zauważono, że pracownicy udzielając odpowiedzi na jedno z pytań - „Czy uważa Pani/Pan, że na linii montażu wózków znajdują się obszary wymagające udoskonalenia? (Proszę zaznaczyć jedną odpowiedź)” w większości zauważają miejsca na linii montażu wymagające udoskonalenia - 67% respondentów udzieliła odpowiedź ‘tak’.

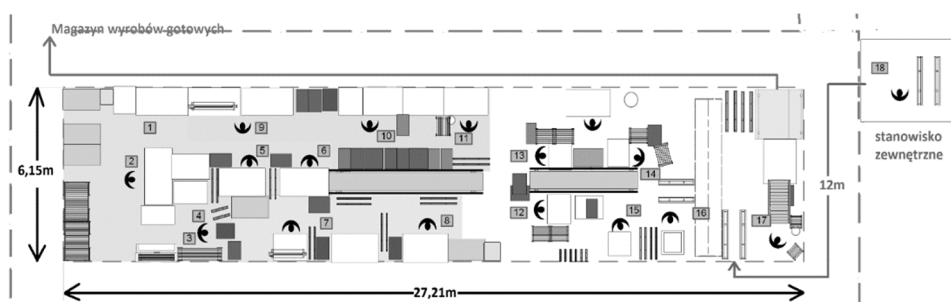
Kluczowym pytaniem, wskazującym na występowanie danych typów marnotrawstwa było pytanie „Jakie typy marnotrawstwa spośród niżej wymienionych dostrzega Pani/Pan w swoim miejscu pracy? (Należy zaznaczyć trzy odpowiedzi)”, na które respondenci w głównej mierze wskazali na występowanie bezczynnego oczekiwania (26%) oraz zbędnego wysiłku fizycznego pracownika (22%), czyli marnotrawstwo ruchu. Potwierdzeniem, iż zbędny ruch jest dominującym typem marnotrawstwa na linii montażu wózków są odpowiedzi na dwa kolejne pytania - „Jakie wady dostrzega Pani/Pan na swoim stanowisku pracy? (Można zaznaczyć więcej niż jedną odpowiedź)” najczęściej odpowiedzi (39 %) udzielono na ‘brak elementów niezbędnych do produkcji’ (możliwe odpowiedzi - zbyt mało miejsca, za dużo zbędnych przedmiotów, brak elementów niezbędnych do produkcji, bałagan, brak odpowiednich narzędzi, duża odległość od podzespołów potrzebnych do produkcji, inna odpowiedź). Z kolei na pytanie „Jak często zdarza się, że ze względu na niekorzystne rozlokowanie stanowisk/urządzeń/zapasów jest Pani/Pan zmuszony wykonywać nadmierny wysiłek? (Proszę zaznaczyć jedną odpowiedź)” znaczna większość respondentów (61%) odpowiedziało, iż ‘często’ zdarza im się wykonywać nadmierny wysiłek fizyczny (możliwe odpowiedzi: często, sporadycznie, nigdy). Analiza przeprowadzonego kwestionariusza ankietowego wywiadu pozwoliła wykazać, iż w badanym miejscu pracy (tj. linia montażu wózków) dominuje **marnotrawstwo ruchu**, które to zostało poddane badaniom uszczegóławiającym w dalszej części pracy, czyli w II etapie badań.

Rozpoczynając II etap badań, czyli badania właściwe przeprowadzono działania mające na celu zebranie wszelkich potrzebnych do dalszej analizy danych. **Dane niezbędne do identyfikacji marnotrawstwa ruchu**, czyli do utworzenia **wykresu spaghetti**, zostały przedstawione w postaci schematów np. rys 1.

Wyniki obserwacji linii montażu wózków przedstawiono w formie schematu badanej linii, by kolejno nanieść na niego wykres spaghetti, czyli ścieżki wyznaczone przez ruch

operatorów poszczególnych stanowisk oraz oszacować długości pokonywanych przez nich odcinków.

Ścieżka ze stanowiska zewnętrznego na stanowisko pakowacza przedstawia transfer gotowych kartonów, jej długość wynosi 12 m. Na schemacie zaznaczono również ścieżkę transferu gotowego wyrobu z linii montażu do magazynu wyrobów gotowych. Hala produkcyjna stanowi otwartą przestrzeń. Ciągi komunikacyjne, linie produkcyjne, obszar Pick&Pack oraz magazyn są wydzielone i oznaczone za pomocą pasów w kolorze żółtym. Długość analizowanej linii montażu to 27,21 m, zaś szerokość – 6,15 m.

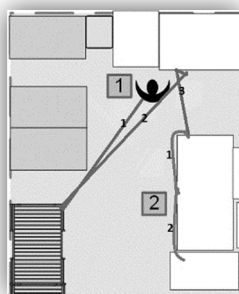


Rys. 1. Schemat linii montażu wózków Y – sytuacja obecna

Jeżeli chodzi o **rozmieszczenie maszyn i urządzeń na linii produkcyjnej**, to na schemacie ze względu na trwałe mocowanie uwzględnione zostały jedynie nitownice stojące, prasy i sztaplarka. Urządzenia, których nie uwzględniono na schemacie ze względu na możliwość swobodnej zmiany ich położenia to m.in. nitownice pneumatyczne, wkrętarki pneumatyczne, wiertarko-wkrętarki akumulatorowe oraz inne.

Na podstawie obserwacji pracy operatorów na poszczególnych stanowiskach linii montażu wózków narysowano wykres spaghetti. Odległości pokonywane przez poszczególnych operatorów zostały zaznaczone różnymi kolorami, a każdy odcinek został ponumerowany.

Ze względu na liczebność stanowisk poniżej zaprezentowano jedynie fragment całego schematu linii montażu wózków (rys. 2), przedstawiający wykres spaghetti dla operacji wykonywanych przy stanowisku 1 oraz przy stanowisku 2.



Rys. 2. Wykres spaghetti – fragment schematu linii montażu wózków

Na pierwszym fragmencie schematu linii montażu wózków (rys. 2), przedstawiono drogę jaką Operator 1 pokonuje podczas pracy przy stanowisku 1 oraz podczas pracy przy stanowisku 2.

Na podstawie wykonanego wykresu spaghetti oszacowano **długości poszczególnych odcinków pokonywanych przez operatorów linii montażu wózków** podczas wykonywania danych operacji. Wyniki dla pierwszego stanowiska zostały zaprezentowane w tabeli 1. Numery poszczególnych odcinków na wykresie spaghetti odpowiadają numerom ścieżek podanych w poniższej tabeli.

Tab. 1. Długości odcinków przebytych przez operatora stanowiska 1

Stanowisko 1 - Przygotowanie profilu zawieszenia tylnego I	
Nr ścieżki	Odległość [m]
1.	2,5
2.	2,5
3.	1,5

W podobny sposób poddano analizie inne obszary linii montażowej wózków, które w następnym rozdziale zostaną przeanalizowane.

6. Analiza wyników badań

Aby zidentyfikować stanowiska obciążone **marnotrawstwem ruchu** przeprowadzono analizę danych zebranych w badaniach. W celu określenia źródeł marnotrawstwa spowodowanego zbędnym ruchem na podstawie zebranych danych, przeprowadzono analizę długości tras poszczególnych odcinków pokonywanych przez operatorów stanowisk linii montażu wózków w trakcie jednego cyklu. Każdy ruch pokonywany przez operatora, a w konsekwencji każde stanowisko zostały przeanalizowane i ocenione pod względem posiadania wartości dodanej. Ruchy które nie posiadają wartości dodanej to ruchy nie przyczyniające się bezpośrednio do dodania wartości w procesie, czyli takie które wykonywane są częściej i intensywniej niż jest to rzeczywiście konieczne.

Punktem wyjścia do oceny ruchów pod kątem posiadanej wartości była obserwacja procesów wykonywanych przez operatorów podczas wizyty na stanowiskach pracy - *gamba*. Na tej podstawie przeprowadzono poniższą analizę. Z uwagi na liczebność stanowisk

w artykule przedstawiono analizę ruchów wykonywanych przez operatora podczas pracy przy stanowisku 1 – tabela 2. Analiza dla pozostałych stanowisk linii montażu wózków została przeprowadzona w sposób analogiczny do zaprezentowanej analizy.

Tab. 2. Analiza odcinków przebytych przez operatora stanowiska 1

Stanowisko 1 - Przygotowanie profilu zawieszenia tylnego I		
Nr ścieżki	Odległość [m]	Wartość dodana - TAK/NIE
1.	2,5	NIE
2.	2,5	NIE
3.	1,5	NIE
Razem – wartość dodana [m]		0
Razem – marnotrawstwo ruchu [m]		6,5

Jak wynika z analizy ruchów operatora stanowiska 1 (tab. 2) straty wynikające ze zbędnego ruchu tego operatora to **6,5 m**.

Na podstawie analizy ruchów wykonywanych podczas pracy przez wszystkich operatorów linii wykonano zestawienie odległości pokonywanych przez operatorów poszczególnych stanowisk (tab. 3). Stanowiska uszeregowano malejąco według odległości będących marnotrawstwem ruchu operatorów. Zestawienie przedstawia zarówno odległości, które posiadają wartość dodaną jak i te które jej nie posiadają, czyli marnotrawstwo ruchu. **Operatorzy pokonują łącznie 208,1 m, z czego 108,5 m (ponad 50%) to marnotrawstwo ruchu.** Ruchy obciążone marnotrawstwem wykonywane są podczas pracy przy dziesięciu stanowisk. Są to stanowiska: 7, 5, 9, 8, 12, 10, 18, 1, 4 oraz 16.

Tab. 3. Zestawienie odległości przebytych przez operatorów poszczególnych stanowisk

L.p.	Stanowisko	Operacja	Wartość dodana [m]	Marnotrawstwo ruchu [m]
1.	Stanowisko 7	Montaż nożyc przednich I	8,5	25,5
2.	Stanowisko 5	Montaż osi zawieszenia tylnego	1,25	16
3.	Stanowisko 9	Przygotowanie profili rączki P i L	10	14
4.	Stanowisko 8	Montaż nożyc przednich II	6,5	13,5
5.	Stanowisko 12	Montaż I	4	12
6.	Stanowisko 10	Montaż profilu P rączki, przygotowanie L	7,5	9,5
7.	Stanowisko 18	Pakowanie	8	7
8.	Stanowisko 1	Przygotowanie profilu zaw. tylnego I	0	6,5
9.	Stanowisko 4	Montaż zawieszenia tylnego	1,75	3
10.	Stanowisko 16	Kontrola jakości	27	1,5
11.	Stanowisko 13	Montaż II	0,75	0
12.	Stanowisko 2	Przygotowanie profilu zaw. tylnego II	1	0
13.	Stanowisko 6	Donitowanie rury kosza do zaw. tylnego	1	0
14.	Stanowisko 3	Przygotowanie rury zaw. tylnego	2,35	0
15.	Stanowisko 14	Montaż III	4	0
16.	Stanowisko 11	Montaż profilu lewego rączki	4,5	0
17.	Stanowisko 15	Montaż IV	5,5	0
18.	Stanowisko 17	Przygotowanie kartonów	14	0
Suma			107,6	108,5
Razem			216,1	

Zestawione dane będą podstawą do selekcji czterech stanowisk najbardziej obciążonych marnotrawstwem ruchu.

Wykonanie projektu usprawnień dla wszystkich dziesięciu stanowisk byłoby czynnością pracochłonną, dlatego też w dalszej części pracy opracowano ogólne propozycje usprawnień dla wszystkich stanowisk obciążonych marnotrawstwem oraz **projekt usprawnień dla dwóch wybranych stanowisk**, obciążonych największym marnotrawstwem ruchu operatorów. Stanowiskami tymi są:

- **stanowisko 7** – Montaż nożyc przednich I (25 m marnotrawstwa),
- **stanowisko 8** - Montaż nożyc przednich II (13,5 m marnotrawstwa).

Łączne marnotrawstwo ruchu **wybranych** stanowisk liczy **39 m**. Ze względu na ich rozlokowanie propozycje zmian zostały przygotowane w dwóch grupach: pierwsza – stanowisko 7 i 8. Ponadto, z zaprezentowanej tabeli wynika, że około 50% ruchu wykonywanego przez pracowników w ramach ich działań nie dodaje wartości procesom montażowym. Taki wynik analizy stał się podstawą przedstawienia koncepcji racjonalizacji.

7. Koncepcja doskonalenia procesu produkcyjnego w kontekście redukcji marnotrawstwa ruchu

Opracowana koncepcja doskonalenia zawiera kolejno propozycje usprawnień mających na celu zredukowanie marnotrawstwa, analizę korzyści i kosztów wynikających z wprowadzenia zaproponowanych zmian oraz zestawienie wymiernych korzyści – wartości o jaką marnotrawstwo zostanie zredukowane po wprowadzeniu zmian na stanowiskach linii montażu wózków.

W celu redukcji wybranych typów marnotrawstwa w analizowanym przedsiębiorstwie przygotowano:

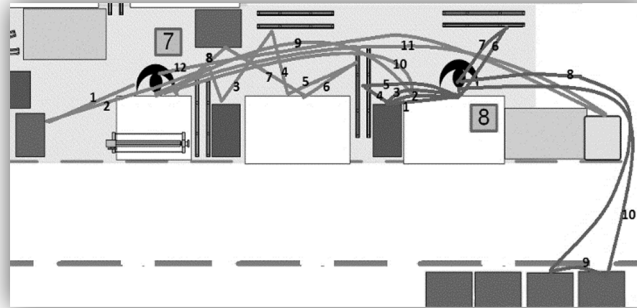
- ogólne propozycje usprawnień dotyczące wszystkich stanowisk dla których zidentyfikowano marnotrawstwo,
- szczegółowe propozycje usprawnień dla najbardziej newralgicznych stanowisk, wybranych na podstawie analizy wyników badań.

Ogólne propozycje usprawnień dla wszystkich wykrytych źródeł marnotrawstwa ruchu zestawiono w tabeli 4.

Tab. 4. Ogólne propozycje usprawnień dla wykrytych źródeł marnotrawstwa ruchu

L.p.	Zidentyfikowane marnotrawstwa	Przyczyny	Proponowane rozwiązania	Korzyści
1.	Marnotrawstwo ruchu wynoszące 68,5 m przy stanowiskach 1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 16, 18 linii montażu wózków	- brak potrzebnych narzędzi/urządzeń na stanowisku; - niekorzystne rozlokowanie/niedostateczna ilość koszy na śmieci; - niekorzystne rozlokowanie zapasów np. daleko od stanowisk, poza linią montażu;	- doposażenie stanowisk we własne narzędzia/urządzenia by zminimalizować możliwość pożyczania; - przestawienie koszy na śmieci/ doposażenie stanowisk w kosze na śmieci; - przeniesienie zapasów części w dogodne lokalizacje oraz wyznaczenie tych miejsc;	- skrócenie czasu realizacji zadań na stanowiskach; - zredukowanie obciążenia fizycznego pracowników; - redukcja marnotrawstwa ruchu; - lepsza organizacja pracy; - lepszy dostęp do miejsc składowania; - wzrost wydajności pracy pracowników;

Propozycje usprawnień dla stanowisk 7 i 8 linii montażu wózków przedstawione zostały poniżej. Na przedstawionym powyżej fragmencie (rys. 3) wykresu spaghetti schematu linii montażu wózków przedstawiono aktualną drogę operatorów stanowisk 7 (montaż nożyc przednich I) oraz 8 (montaż nożyc przednich II).



Rys. 3. Wykres spaghetti dla stanowisk 7 i 8 linii montażu wózków

Zaznaczono ścieżkę operatora stanowiska 7 oraz operatora stanowiska 8. Wszystkie pokonywane przez nich odcinki zostały ponumerowane.

Operator stanowiska 7 pokonuje zbędnie łącznie drogę o długości ok. 28 m. Odcinki, które stanowią marnotrawstwo ruchu to odcinki: 9 (6 m), 10 (6 m), 11 (8 m) oraz 12 (8 m). Operator pokonuje odcinki 9 oraz 10 w celu pożyczania wiertarko-wkrętarce akumulatorowej ze stanowiska 8 (łącznie pokonuje on wówczas odległość 12 m), natomiast odcinki 11 i 12 by wyrzucić śmieci do kosza na folię/plastik (pokonuje wówczas 16 m).

Rozwiązaniem problemów stanowiska 7 jest doposażenie stanowiska. Aby wyeliminować marnotrawstwo ruchu przy stanowisku 7 należy:

- doposażyć stanowisko 7 w osobną wiertarko-wkrętarce akumulatorową lub we wkrętarce pneumatyczną,
- doposażenie stanowiska 7 w kosz na folię/plastik.

Operator stanowiska 8 pokonuje zbędnie łącznie drogę o długości 13,5 m. Odcinki, które stanowią marnotrawstwo ruchu to odcinki: 8 (6,5 m), 9 (0,5 m) oraz 10 (6,5 m). Operator pokonuje te odległości w celu pobrania niezbędnych do dalszego montażu elementów, które znajdują się na polu odkładczym tuż za ciągiem komunikacyjnym.

Rozwiązaniem problemu stanowiska 8 jest relokacja zapasów części. Aby wyeliminować marnotrawstwo ruchu przy stanowisku 8 należy przenieść lokalizację zapasów na obszar linii produkcyjnej, jak najbliższej stanowiska 8.

Poniżej (rys. 4) przedstawiono wizualizację rozwiązań zaproponowanych dla stanowiska 7 oraz stanowiska 8.



Rys. 4. Wizualizacja propozycji rozwiązań dla stanowiska 7 oraz stanowiska 8

Po wprowadzeniu zaproponowanych rozwiązań, czyli po doposażeniu stanowiska 7 w oddzielną wkrętarkę oraz w kosz na folię plastik marnotrawstwo ruchu zredukowane zostanie do 1 m (odcinek 9). Po przeniesieniu zapasów części w miejsce wyznaczone powyżej (rys. 4) marnotrawstwa ruchu stanowiska 8 zmniejszy się do 2,5 m (odcinki 8, 9, 10). **Łącznie marnotrawstwo ruchu zostanie zmniejszone o 38 m.**

Aby dokonać oceny zmian zaproponowanych dla przedsiębiorstwa X wykonano **analizę zysków i kosztów przedstawionych rozwiązań**. Analiza ta przeprowadzona została w formie **analizy CBA** (z ang. *Cost – Benefit Analysis*). CBA wykonywane jest dla określonego projektu przy czym musi być dostosowane do jego rozmiaru, złożoności oraz kosztu. Przeprowadzona ocena znajduje się w tabeli 5.

Tab. 5. Analiza korzyści i kosztów proponowanych rozwiązań

L.p.	Rozwiązanie lub ulepszenie	Korzyści	Koszty
1.	Doposażenie stanowisk (w urzędzenia, narzędzia, kosze na folię/plastik)	<ul style="list-style-type: none"> redukcja marnotrawstwa ruchu operatorów spowodowanego niedoposażeniem stanowiska; lepszy dostęp do urządzeń/narzędzi; zwiększenie dbałości pracowników o stan urządzeń/narzędzi; poprawa warunków pracy na stanowiskach; 	<ul style="list-style-type: none"> koszty wiertarko-wkrętarci akumulatorowej - 100-300 PLN lub wkrętarci pneumatycznej - 200 - 1200 PLN; zakup koszy na śmieci – do 100 PLN ; wynagrodzenie siły roboczej za wprowadzone zmiany;
2.	Wyznaczenie dogodnych miejsc składowania zapasów części	<ul style="list-style-type: none"> redukcja marnotrawstwa ruchu operatorów spowodowanego potrzebą pobrania części; zredukowanie obciążenia fizycznego pracowników; lepszy dostęp do miejsc składowania; wzrost wydajności pracy pracowników; 	<ul style="list-style-type: none"> zakup taśm i robocizna – (koszt w zależności od potrzebnej ilości); zakład jest w posiadaniu dodatkowych regałów – brak kosztów;

Analiza CBA jest źródłem cennych informacji na temat korzyści oraz kosztów z wprowadzonych zmian. Na podstawie zebranych informacji ustalono, iż łączny koszt wprowadzenia zaproponowanych zmian wynosi minimum 100 złotych.

Aby dokładniej przedstawić wymierne korzyści płynące z wprowadzenia propozycji zmian zestawiono marnotrawstwo występujące w zakładzie przed oraz po ich wprowadzeniu (tab. 6). Podczas wykonywania obliczeń założono, iż operatorzy poruszają się ze średnią prędkością 0,6m/s. Podane dane odpowiadają wykonaniu jednej sztuki wózka.

Tab. 6. Marnotrawstwo przed oraz po wprowadzeniu proponowanych zmian

	L.p.	Stanowisko	Przed [m]	Przed [s]	Po [m]	Po [s]	Oszczędność [m]	Oszczędność [s]
Muda ruchu	5.	7	28,00	46,67	1,00	1,67	27,00	45,00
	6.	8	13,50	22,50	2,50	4,17	11,00	18,33
	7.	5	16,00	26,67	6,00	10,00	10,00	16,67
	8.	9	14,00	23,30	6,00	10,00	8,00	13,33
	Łącznie			71,50	119,14	15,50	25,84	56,00

Po wprowadzeniu zaproponowanych zmian na linii montażu wózków Y czas zajęty przez marnotrawstwo zmniejszył się o 93,33 s na 1 sztukę co w skali całego roku pozwoliło zaoszczędzić ponad 20 dni roboczych.

Powyższe wyniki potwierdzają konieczność wprowadzenia usprawnień służących skróceniu czasu jaki operatorzy poświęcają na marnotrawstwo.

Aby utrzymać pozytywne efekty wprowadzonych zmian oraz dalej doskonalić przepływ procesów, zredukować wszelkie występujące w zakładzie rodzaje marnotrawstwa zaproponowano dalsze działania, takie jak:

- regularne opracowywanie wykresów spaghetti nie tylko dla pracowników linii montażu wózków, ale również dla reszty obszaru zakładu,
- wyznaczenie „lidera zmian”, koordynującego wszelkie działania związane z Lean Manufacturing,
- regularne konsultacje kierownictwa z pracownikami na temat powtarzających się problemów i możliwych metod ich eliminacji.

8. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań w niniejszym artykule zaprezentowano koncepcje doskonalenia pozwalającą na redukcję wykrytego marnotrawstwa w procesie produkcyjnym linii montażu wózków.

W pierwszym etapie badań rozpoznano rodzaj występującego marnotrawstwa, w drugim natomiast dzięki wykorzystaniu wybranego narzędzia Lean Manufacturing - wykresu spaghetti, zidentyfikowano dokładne miejsca występującego marnotrawstwa ruchu analizując trasy pokonywane przez operatorów. Mając wiedzę na temat najbardziej obciążonych marnotrawstwem stanowisk wykonano projekt zmian, który miał na celu m.in. zredukowanie czynności nie dodających wartości oraz poprawę organizacji miejsca pracy.

Reorganizacja rozmieszczenia pojemników, urządzeń oraz zapasów części niezbędnych do produkcji miała znaczący wpływ na redukcję marnotrawstwa ruchu oraz lepsze wykorzystanie powierzchni.

Aby skonkretyzować korzyści jak i koszty wynikające z wprowadzenia opracowanych zmian dokonano oceny tych zmian przy pomocy analizy zysków i kosztów (analiza CBA).

By kontynuować doskonalenie organizacji należy dokonywać stopniowych ulepszeń, choćby minimalnych, jednak w rezultacie eliminujących wszystkie przypadki marnotrawstwa, które generują jedynie koszty nie dodając wartości.

Zaproponowane rozwiązania mogą liczyć na powodzenie jedynie wówczas, gdy w walkę z marnotrawstwem zaangażują się wszyscy – zarówno pracownicy na najwyższym, jak i na najniższym szczeblu organizacji.

Literatura

1. Czerska J.: Podstawowe narzędzia Lean Manufacturing. LeanQ Team, Gdańsk, 2014.
2. Goldratt E.M., Cox J., Cel, Werbel, Warszawa, 2000
3. Imai M.: GembaKaizen. Zdroworozsądkowe, niskokosztowe podejście do zarządzania. MT Biznes, Warszawa, 2006.

Dr inż. Maciej BIELECKI
Inż. Paulina STASZEWSKA
Katedra Zarządzania Produkcją i Logistyki
Wydział Organizacji i Zarządzania
Politechnika Łódzka
90-924 Łódź, ul. Wólczańska 215
tel./fax (042) 637 00 43
e-mail: bialy100@p.lodz.pl
pmstaszewska@gmail.com