

# DOSKONALENIE PROCESU PRODUKCJI Z ZASTOSOWANIEM MAPOWANIA STRUMIENIA WARTOŚCI

Dagmara GÓRNICKA, Anna BURDUK

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wyniki badań, których celem było zidentyfikowanie źródeł marnotrawstwa w procesie produkcji zacisków hamulcowych oraz zaproponowanie metod doskonalenia tego procesu. Zadanie to zostało wykonane przy użyciu mapowania strumienia wartości – metody z zakresu lean, która pozwala na dostrzeżenie obszarów wymagających poprawy. W artykule zaprojektowane zostały mapa stanu obecnego oraz mapa stanu przyszłego, przedstawiające w sposób graficzny aktualną sytuację przedsiębiorstwa oraz propozycję usprawnień.

**Słowa kluczowe:** doskonalenie procesów, optymalizacja, mapowanie strumienia wartości, marnotrawstwo, lean

## 1. Wprowadzenie

Doskonalenie, zgodnie z literaturą związaną z zarządzaniem organizacjami, jest długoterminowym działaniem, prowadzącym do rozwiązywania problemów pojawiających się w procesach oraz ulepszania ich [1]. Jest to niezwykle istotne zagadnienie, a „każda organizacja, aby przetrwać i rozwijać się, musi być ciągle doskonalona” [2]. Na przestrzeni lat powstało wiele metod wspomagających przedsiębiorców w doskonaleniu procesów, a jedną z takich metod jest mapowanie strumienia wartości (z ang. Value Stream Mapping – VSM). Metoda ta znajduje zastosowanie w postaci narzędzia wspomagającego identyfikację źródeł marnotrawstwa oraz obszarów wymagających usprawnień. W artykule omówione zostało zastosowanie tej metody w jednym z zakładów przedsiębiorstwa produkcyjnego branży automotive, wiodącego dostawcy technologii i systemów w zakresie bezpieczeństwa pojazdów na rynku międzynarodowym, którego nazwa oraz logo zostały pominięte, zgodnie z polityką prywatności firmy.

## 2. Obszary zastosowania mapowania strumienia wartości

Mapowanie strumienia wartości jest metodą stosowaną przy doskonaleniu procesów zgodnie z filozofią szczupłego podejścia (z ang. lean). W stosowaniu tej metody kładzie się szczególny nacisk na analizę procesu pod względem strumienia wartości, który obejmuje wszelkie kroki wykonywane przy wytwarzaniu oraz dostarczaniu wyrobu gotowego do odbiorcy (klienta). Jest to metoda szeroko stosowana w praktyce gospodarczej, co potwierdzają liczne prace publikowane w czasopiśmie, traktujące o praktycznych przykładach zastosowania VSM. Istota mapowania strumienia wartości postrzegana jest przez wielu autorów jako zapewniająca korzyści, szczególnie w obrębie procesów produkcyjnych [3]. Ze względu na swoją uniwersalność, znajduje zastosowanie w wielu obszarach, jednak najczęstsze zastosowanie VSM sprowadza się do ogółu procesów produkcyjnych oraz szeroko rozumianego przemysłu wytwórczego.

## **2.1. VSM w medycynie**

Metoda mapowania strumienia wartości znalazła zastosowanie między innymi w branży medycznej, na przykład przy usprawnianiu procedury przeprowadzania cytologii [4], procesie dostarczania stentów wewnątrznaczyniowych [5] czy produkcji leków [6]. W przypadku tych ostatnich, autorzy podkreślają, iż metoda VSM pozwoliła na zaobserwowanie istotnych obszarów usprawnień w komunikacji i przepływie informacji, a „w dalszym okresie wyniki te spowodują zredukowanie kosztów oraz wzrost jakości komunikacji” [6]. Mapowanie strumienia wartości zostało również, w niektórych przypadkach, wzbogacone o nowe rozwiązania, dostosowane specjalnie do potrzeb branży medycznej. W artykule [7] autorzy zwracają uwagę na zachodzący rozwój wdrażania szczytowego podejścia w obszarach ochrony zdrowia oraz projektują nowy rodzaj mapy, przeznaczony do użytku właśnie w szeroko rozumianej opiece zdrowotnej. Nowy model „obejmuje wszelkie czynności, które bezpośrednio wpływają na czas leczenia” [7]. W tym przypadku klientem określa się pacjenta.

## **2.2. VSM w branży automotive**

Mapowanie strumienia wartości cieszy się dużą popularnością również w branży automotive, a potwierdzają to badania przeprowadzone na przykład przy produkcji różnorodnych komponentów wykonanych z wysokiej jakości tworzyw sztucznych do luksusowych samochodów, gdzie autorzy podkreślają, iż „wprowadzenie narzędzia mapowania strumienia wartości w omawianym przedsiębiorstwie było skoncentrowane na redukcji marnotrawstwa oraz wzroście zarówno jakości jak i efektywności procesu” [8]. Podobne spostrzeżenia mieli autorzy, którzy zastosowali VSM przy montażu tarczy sprzęgła [9]. Mapowanie strumienia wartości jest wykorzystywane również jako narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji przy wprowadzaniu nowych rozwiązań w przedsiębiorstwie. Przykładem jest organizacja, której głównym problemem było „w jaki sposób obniżyć koszty podczas produkcji małej ilości produktów w wielu wariantach” [10]. Autorzy, przy użyciu mapy strumienia wartości oraz analizy rachunku zysków i strat, zaproponowali usprawnienie pozwalające na eliminację problemu gubienia się kart Kanban. Przykładów zastosowania mapowania strumienia wartości w branży motoryzacyjnej jest jeszcze wiele, a jednym z nich jest niniejszy artykuł.

## **2.3. Modyfikacje VSM**

Obszarów zastosowania metody mapowania strumienia wartości jest bardzo dużo, co potwierdza mnogość prac i artykułów dotyczących tego tematu. Można zatem stwierdzić, iż mapowanie strumienia wartości jest metodą uniwersalną. Zdarzają się jednak przypadki, w których zastosowanie jej staje się bardziej użyteczne, gdy dokona się odpowiednich modyfikacji. W części badań klasyczne mapowanie strumienia wartości w swojej pierwotnej postaci okazało się niewystarczające. Na przykład, w jednym z artykułów autorzy zauważają, iż metoda mapowania strumienia wartości „zawsze prowadzi do systemu ssącego i zniechęca do hybrydowych systemów pchająco-ssących, pomimo iż ich wyższość została potwierdzona w wielu przedsiębiorstwach” [11]. Z tego względu proponują rozszerzenie klasycznej metody VSM, aby można było ją zastosować również w systemach opartych na MRP (z ang. Material Requirements Planning). Rozszerzenie to określane jest jako SyVSM (z ang. synchro-MRP VSM), a jego przydatność została

zbadała na przykładzie zakładu branży elektronicznej. Zdaniem autorów, „wyniki były całkiem imponujące - wskazały skumulowaną redukcję pracy w toku o 26,7% po wprowadzeniu zsynchronizowanego systemu MRP, przy redukcji sięgającej 35% dla niektórych, krytycznych wariantów produktu” [11]. Inną modyfikację przedstawiono w artykule, w którym opisany został sposób przedstawiania marnotrawstwa przy użyciu diagramów identyfikacji marnotrawstwa (z ang. WID - Waste Identification Diagram) [12]. Zgodnie z autorami, „innovacyjne narzędzie zwane diagramem identyfikacji marnotrawstwa (WID) jest rozwijane (...) w celu przewyższenia niektórych ograniczeń metody VSM” [12]. Pojawia się również idea przyspieszonego mapowania strumienia wartości, w którym zamiast tworzenia pełnej mapy całego przedsiębiorstwa – wprowadza się podział organizacji na segmenty [13]. Przyspieszone mapowanie strumienia wartości jest „oparte na wiedzy i doświadczeniu oraz bezpośrednio wiąże się z ludźmi tam, gdzie pracują” [13]. Autor podkreśla możliwość uzyskania lepszych wyników poprzez zarządzanie wspomnianymi segmentami organizacji, w celu przyspieszonego doskonalenia, przy ciągłej współpracy z pracownikami, którzy na co dzień zagłębiają się w procesy. Nie rezygnuje jednak całkowicie z konwencjonalnego podejścia do mapowania strumienia wartości, co podkreśla w ostatnim zdaniu artykułu: „po relatywnie krótkim czasie [od przeprowadzenia przyspieszonego mapowania strumienia wartości - przyp. autora], segmenty procesu mogą być złożone razem, by dać duży obraz organizacji. Należy jednak pamiętać, iż w tym scenariuszu, VSM jest tylko jednym z narzędzi w przyborniku pełnym narzędzi doskonalących” [13].

### 3. Proces produkcji

W niniejszym artykule przeanalizowane zostały badania wykonane w zakładzie zajmującym się produkcją zacisków hamulcowych. Proces produkcji takich zacisków rozpoczyna się od etapu obróbki skrawaniem poprzez kontrolę jakości i proces malowania aż do montażu.

Należy tutaj podkreślić, iż proces malowania komponentu, jakim jest obudowa, jest realizowany przez firmę zewnętrzną na potrzeby omawianego zakładu. Polega on na pokryciu komponentu powłoką, która - poza zmianą koloru obudowy – zabezpiecza ją przed korozją. Jest to właśnie proces, który, z przyczyn niezależnych, nie mógł zostać zbadany zgodnie z zasadą „idź i zobacz”. W związku z tym, zostały dokonane szacowania oraz założenia w dalszej części artykułu. Zatem sam proces produkcji zacisku hamulcowego w omawianym przedsiębiorstwie składa się z wielu operacji, które zostały pogrupowane na cztery części: obróbkę skrawaniem, malowanie, kontrolę jakości oraz montaż.

Szeroko określona obróbka skrawaniem wykonywana jest na odlewach stanowiących komponenty i obejmuje sam proces obróbki skrawaniem, montaż tulejek oraz mycie końcowe. Wszystkie trzy operacje wykonywane są w obrębie gniazda określanego jako „obróbka skrawaniem”. Kontrola jakości wykonanych komponentów odbywa się w zakładowym laboratorium pomiarowym, w którym badana jest chropowatość powierzchni komponentu oraz przeprowadzane są pomiary charakterystyk specjalnych z użyciem maszyny współrzędnościowej. Ostatnim i najbardziej rozbudowanym w przedsiębiorstwie krokiem jest montaż zacisku hamulcowego. Jest to proces wykonywany po odebraniu obudów od firmy zewnętrznej, pokrywającej komponenty powłoką antykorozyjną.

Pogrupowanie opisanych operacji zostało przedstawione w formie tabeli 1 oraz dokonane

ze względu na fakt, iż wewnątrz tych procesów, pomiędzy operacjami, zachodzi przepływ jednej sztuki (z ang. one piece flow) oraz zachowana zostaje zasada First In First Out, a zatem między poszczególnymi operacjami nie gromadzą się żadne zapasy produkcji w toku.

Tab. 1. Proces produkcji.

<b>Etap procesu</b>	<b>Operacje</b>	<b>Czas trwania operacji [s]</b>	<b>Czas dodatkowy [s]</b>
Obróbka skrawaniem	Obróbka skrawaniem CNC	188	1800
	Montaż tulejek	90	
	Mycie końcowe	90	
Kontrola jakości	Pomiar chropowatości	1200	300
	Pomiar charakterystyk specjalnych	1151	161
Malowanie	Proces malowania w firmie zewnętrznej	n/d	n/d
Montaż	Podmontaż zespołu autoregulacji	116	600
	Montaż zespołu autoregulacji	52	
	Zaprasowanie dźwigni	18	
	Montaż mieszków i dźwigni	65	
	Nanoszenie kleju	17	
	Montaż tulei i zaprasowanie pokrywy	48	
	Przykręcenie pokrywy	58	
	Test histerezy i autoregulacji	63	
	Przykręcanie wspornika do zacisku	32	
	Montaż zaślepek	24	
	Test profilu i przemieszczenia	45	
	Montaż klocków hamulcowych	60	
	Kontrola wizyjna i montaż finalny	38	
	Pakowanie wyrobów	65	

Zgodnie z zasadami mapowania strumienia wartości, fakt nie gromadzenia się zapasów w toku i zachowania zasad one piece flow oraz kolejki FIFO pozwala na dokonanie powyższego połączenia operacji dla zachowania czytelności map.

### 3.1. Wybór rodziny produktów

Aby dokonać podziału produktów, należy uwzględnić powtarzalność wykonywanych operacji oraz wybrać produkty charakteryzujące się podobnym procesem produkcji [14]. Jest to tzw. wybór rodziny produktów. W omawianym przedsiębiorstwie, na moment przeprowadzania badań, wytwarzane były jedynie zaciski hamulcowe, jednak składające się z wielu odmiennych komponentów. Zatem, w tym przypadku, należy rozpocząć od wyboru komponentu, którego śladem należy wykonać VSM. W tym przypadku wybrana została obudowa zacisku, gdyż jest to komponent najistotniejszy przy produkcji – to on jest obrabiany ubytkowo w zakładzie oraz to on jest komponentem wymagającym pokrycia

powłoką antykorozyjną w zakładzie zewnętrznym. Ponadto, zgodnie z informacjami zaczerpniętymi od pracowników działu logistyki, obudowa zacisku jest komponentem najbardziej problematycznym, którego stan dyktuje dalsze tempo produkcji. Inne komponenty, bezpośrednio po dostarczeniu do zakładu, mogą trafić na montaż od razu po kontroli jakości.

### **3.2. Pokrywanie obudów powłoką antykorozyjną**

Zastosowanie mapowania strumienia wartości w istniejącym oraz rzeczywiście funkcjonującym przedsiębiorstwie często wymaga dokonania pewnych założeń czy uproszczeń. W niniejszym artykule jest tak w przypadku procesu malowania. Pokrywanie obudów powłoką antykorozyjną, nazywane również malowaniem, rozpoczyna się od wysyłki obrobionych przez omawiane przedsiębiorstwo komponentów do firmy zewnętrznej. Partia komponentów gromadzonych do wysyłki wynosi średnio 990 sztuk, natomiast czas, po jakim wysłane obudowy wracają do zakładu, wynosi dwa tygodnie, zatem 10 dni roboczych (252 000 sekund). Sztuki te są transportowane dwa razy w tygodniu w opakowaniach po 36 sztuk każde. Powyższe dane są rzeczywistymi danymi zebranymi w przedsiębiorstwie. Natomiast sam proces malowania, odbywający się poza zakładem, wymaga określenia pewnych założeń. Zgodnie z jednym z producentów farb antykorozyjnych do użytku przemysłowego, czas schnięcia wynosi od 3 do 7 dni [15], zatem przyjęte zostało 5 dni roboczych, podczas których suszone jest całe zlecenie obudów (990 sztuk). Pozostałych 5 dni zajmują zatem czynności związane z samym malowaniem komponentów oraz ich transportem. W związku z faktem, iż kierowcy pracują innym trybem godzinowym oraz biorąc pod uwagę odległość firmy zewnętrznej od omawianego zakładu, można przyjąć, iż transport powinien wynosić do jednego dnia w sumie (w jedną i drugą stronę). Pozostałe 4 dni robocze czyli 28 godzin (100 800 sekund) powinny zatem być poświęcone na pokrywanie zacisków powłoką antykorozyjną. Oznacza to, iż pokrywanie jednej sztuki obudowy powłoką antykorozyjną trwa około 102 sekundy. Zatem przyjęty czas przetwarzania dla 990 sztuk wynosi 225 792 sekundy (pokrywanie powłoką i schnięcie). Pomimo, iż zostało przyjętych wiele założeń, nie mają one wpływu na wyniki usprawnień, gdyż określone powyżej wartości są konsekwentnie powtarzane w całym artykule, również w prognozowaniu stanu przyszłego i zostały przyjęte zgodnie z zasadą ostrożności.

### **3.3. Zapasy produkcji w toku**

Z obróbki skrawaniem wykonanej przez jedną zmianę (około 220 sztuk) do kontroli jakości trafia próbka wielkości 8 sztuk (po procesie malowania). Ze względu na duży stopień zautomatyzowania owej obróbki, taka ilość sztuk została określona jako wystarczająca. Zatem, z partii 990 sztuk, do laboratorium oddawanych jest łącznie 36 sztuk, co może stanowić maksymalny zapas gromadzący się przed laboratorium z powodu samej obróbki skrawaniem. Do tego zaobserwowano zapasy powstałe w wyniku poprzedniego zlecenia – łącznie 44 sztuki. Pozostała część zlecenia po malowaniu (954 sztuki) zostaje „zablokowana” w obszarze kontroli jakości przed procesem montażu, aż do momentu zbadania próbki i potwierdzenia jej zgodności z wymaganiami. Do tego dodane zostały zaobserwowane w przedsiębiorstwie wcześniejsze zapasy, co łącznie wynosi 958 sztuk. Po obróbce skrawaniem zaobserwowanych zostało 648 sztuk zapasów komponentów oczekujących na zebranie partii do wysyłki do firmy zewnętrznej.

Omówiony proces, wraz z zaobserwowanymi czasami i zapasami, przedstawiony został w formie tabeli 2.

Tab. 2. Proces produkcji po pogrupowaniu.

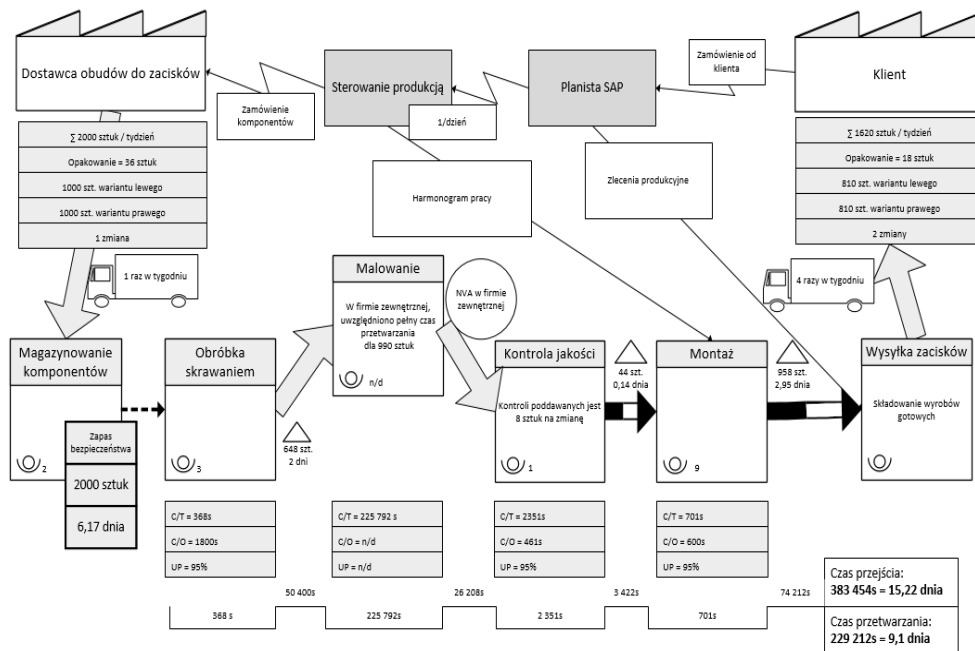
Operacja	Czas trwania operacji [s]	Czas dodatkowy [s]	Zapas [szt]
Obróbka skrawaniem	368	1800	648
Malowanie	225 792	26 208	n/d
Kontrola jakości	2 351	461	44
Montaż	701	600	958

#### 4. Mapowanie strumienia wartości

Na podstawie zaobserwowanych w przedsiębiorstwie wartości oraz dokonanych obliczeń i szacowań, można skonstruować mapę stanu obecnego. Jest to graficzna reprezentacja procesu zachodzącego w przedsiębiorstwie, przedstawiająca zarówno przepływ materiałów, jak i przepływ informacji. Odzwierciedla ona zastaną w momencie prowadzenia badań sytuację przedsiębiorstwa.

##### 4.1. Mapa stanu obecnego

Zgodnie z opisanymi we wcześniejszej części artykułu danymi oraz metodologią przeprowadzania mapowania strumienia wartości, zaprojektowana została mapa stanu obecnego, przedstawiona w postaci rysunku 1.



Rys. 1. Mapa stanu obecnego

Górna część mapy przedstawia przepływ informacji, począwszy od klienta poprzez wymianę informacji wewnątrz zakładu, aż do dostawcy komponentów (od prawej do lewej strony). Przepływ materiałów przedstawia dolna część mapy, od dostawcy, poprzez proces produkcji, aż do klienta (od lewej do prawej strony). Czas przejścia, a zatem całkowity czas produkcji wyrobu gotowego, wynosi ponad 15 dni roboczych. Z tego niewiele ponad 9 dni stanowi czas przetwarzania, dodający wartość (z ang. Value Added). Oznacza to, że ponad 40% czasu produkcji wyrobu zajmują czynności nie dodające wartości (z ang. Non-Value Added). Wartość produktu, pomimo iż kreowana przez producenta, jest definiowana przez odbiorcę wyrobu – klienta. Zatem celem producentów powinno być spowodowanie, aby proces produkcji składał się w możliwie największej części właśnie z czynności, które dodają wartość, natomiast te niedodające wartości powinny być w miarę możliwości redukowane bądź eliminowane [16].

W omawianym przypadku największą część czynności niedodających wartości stanowią transport komponentów pomiędzy zakładami oraz, a w zasadzie przede wszystkim, zgromadzone w przedsiębiorstwie zapasy produkcji w toku, które w większości również wynikają z faktu zlecenia procesu malowania firmie zewnętrznej. Zapasy produkcji w toku generują nie tylko wydłużenie procesu produkcji, ale również powodują konieczność wygosparowania dużej ilości miejsca, szczególnie w przypadku tak dużych komponentów, jakimi są obudowy do zacisku.

#### **4.2. Doskonalenie procesu produkcji**

W związku z tym, że zidentyfikowanym głównym źródłem marnotrawstwa w przedsiębiorstwie okazały się być zapasy produkcji w toku, gromadzące się w wyniku rozbicia procesu produkcji pomiędzy zakład oraz firmę zewnętrzną, propozycją usprawnienia w niniejszym artykule jest przejęcie procesu malowania przez omawiany zakład. W celu zachowania rzetelności prowadzonych badań, proces malowania proponowany do samodzielnego wykonywania w zakładzie będzie zgodny z procesem zlecanym firmie zewnętrznej. Zatem, czas przetwarzania będzie równy sumie czasu suszenia (5 dni) oraz czasu pokrywania powłoką antykorozyjną (102 sekundy dla jednej sztuki). Tym razem jednak nie będzie potrzeby gromadzenia 990 sztuk, gdyż przedsiębiorstwo samodzielnie może wybrać wielkość partii obudów oddawanych do suszenia. Oczywiście jest fakt, iż nie będą one suszone pojedynczo, gdyż prawdopodobnie byłoby to nieopłacalne. Natomiast nie jest opłacalnym również suszenie tak dużych partii, gdyż wymagałoby to wcześniejszego gromadzenia zapasów, które są jednym z podstawowych źródeł marnotrawstwa.

W omawianym zakładzie opakowanie używane do transportu wewnętrznego jak i do wysyłki wyrobów do klienta mieści 18 sztuk, zatem taka partia została przyjęta do dalszej części badań. Ponadto omawiane przedsiębiorstwo wyposażone jest w opakowania odpowiednie do transportowania właśnie 18 sztuk wyrobu. Czas schnięcia jest jednak niezależny od ilości sztuk. Zatem czas przetwarzania, w wyniku usprawnień, powinien wynieść 127 836 sekund (suma czasu suszenia i malowania 18 sztuk komponentu). Maksymalnym zapasem natomiast będzie pełna partia, zarówno po obróbce skrawaniem jak i po procesie malowania. W przypadku kontroli jakości oraz montażu zostały zaznaczone zaobserwowane, rzeczywiste zapasy jakie wystąpiły w zakładzie na moment zbierania danych. Powyższe dane zostały przedstawione w formie tabeli 3.

Przyjęte w niniejszym artykule wielkości zapasów są związane z założeniem partii. Przedsiębiorstwo, w ramach potrzeb i możliwości, może manipulować tą liczbą zgodnie ze

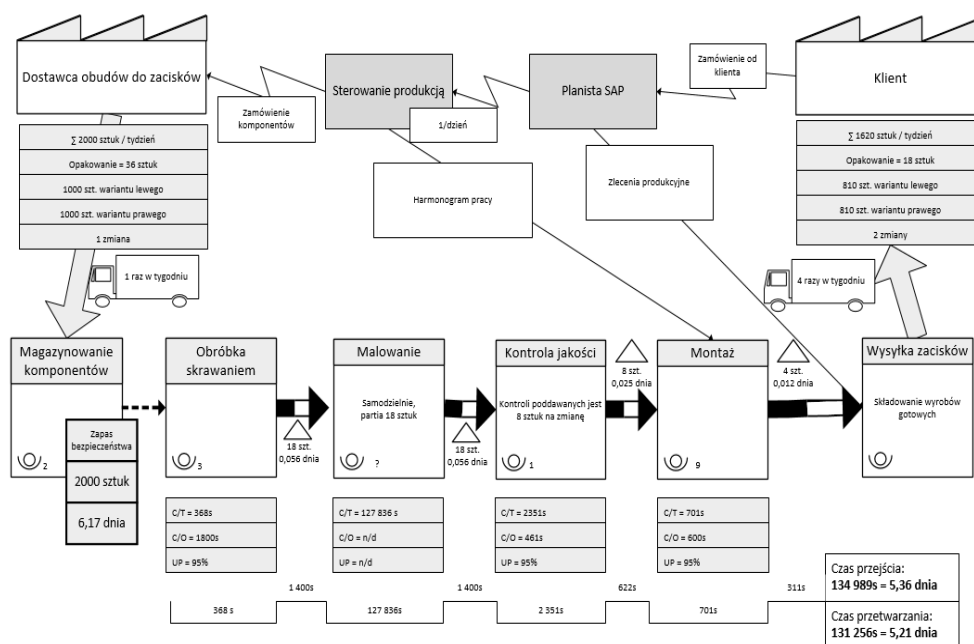
swoimi potrzebami i oczekiwaniami. Partia 18 sztuk została przyjęta jako uzasadniony powyżej przykład, na podstawie którego dokonano obliczeń potencjalnych korzyści.

Tab. 3. Proces produkcji po doskonaleniu.

Operacja	Czas trwania operacji [s]	Czas dodatkowy [s]	Zapasy [szt]
Obróbka skrawaniem	368	1800	18
Malowanie	127 836	-	18
Kontrola jakości	2 351	461	8
Montaż	701	600	4

### 4.3. Mapa stanu przyszłego

Mapa stanu przyszłego wspomaga wdrożenie zaproponowanych usprawnień poprzez graficzną reprezentację procesu po wprowadzeniu zmian. Po ustaleniu wartości odpowiadających poszczególnym czasom oraz potencjalnych zapasów, jakie mogą maksymalnie gromadzić się w przedsiębiorstwie po wprowadzeniu usprawnienia, skonstruowana została mapa stanu przyszłego, przedstawiona w formie rysunku 2.



Rys. 2. Mapa stanu przyszłego

Zgodnie z dokonanymi obliczeniami, po doskonaleniu czas przejścia powinien wynosić ponad 5 dni, czyli niewiele więcej niż czas samego przetwarzania. Jedynie 0,15 dnia roboczego, zatem około 63 minuty powinny w takim przypadku stanowić czas niedodający wartości.



#### 4.4. Podsumowanie wyników

Należy zwrócić uwagę na fakt, iż „przejęcie” procesu nanoszenia powłoki antykorozyjnej przez omawiane przedsiębiorstwo powinno spowodować nie tylko zlikwidowanie gromadzenia się ogromnej liczby zapasów po obróbce skrawaniem, ale również – w konsekwencji – znacznie ogranicza powstawanie zapasów związanych z kontrolą jakości. Wynika to z faktu, iż nie ma w przedsiębiorstwie sytuacji, w której wszystkie 990 sztuk wróciło z firmy zewnętrznej i oczekują na sprawdzenie próbki w laboratorium. Zatem przy zastosowaniu tego rozwiązania liczba zapasów zmienia się na obszarze całego przedsiębiorstwa.

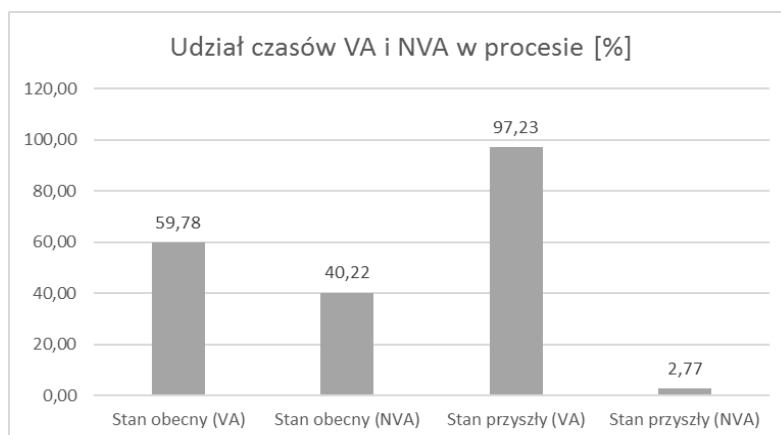
W omawianym przedsiębiorstwie przed usprawnieniem czas przejścia wynosił niewiele ponad 15 dni, natomiast po usprawnieniu wynosi niewiele ponad 5 dni. Oznacza to skrócenie produkcji o prawie 10 dni, a zatem o niemal 65%. Skróceniu uległ także czas przetwarzania, co jest wynikiem znacznego zmniejszenia partii produkcyjnej w procesie malowania i wynosi on niemal 43% mniej. Zmniejszyła się również bardzo ilość zapasów, która wynosiła w sumie 1650 sztuk dla stanu obecnego, a jedynie 48 sztuk dla proponowanego usprawnienia. Wyniki te zostały przedstawione w formie tabeli 4.

Tab. 4. Wyniki usprawnień

	<b>Stan obecny</b>	<b>Stan przyszły</b>	<b>Jednostka</b>
<b>Czas przejścia (VA+NVA)</b>	383 454	134 989	sekund
	15,22	5,36	dnia
<b>Czas VA</b>	229 212	131 256	sekund
	63,67	36,46	godziny
<b>Czas NVA</b>	154 242	3 733	sekund
	42,85	1,04	godziny
<b>Zapasy</b>	1 650	48	sztuk

Znaczej zmianie uległ również udział czynności dodających wartość oraz czynności niedodających wartości w procesie. Udział czynności VA znacznie wzrósł, a udział czynności NVA analogicznie zmalał. Jest to spowodowane dużym skróceniem całkowitego czasu produkcji oraz zmniejszeniem partii malowanych obudów z 990 sztuk (w firmie zewnętrznej) do 18 sztuk (w omawianym zakładzie). Udziały te przedstawia rysunek 3.

Zgodnie z wykresem przedstawionym w postaci rysunku 3, zmiana udziału czasów NVA i VA w procesie jest bardzo duża. Proponowane usprawnienie powinno spowodować spadek czynności nie dodających wartości do niecałych 3% całego procesu, a czasy dodające wartość powinny wynosić ponad 97%, co jest zjawiskiem bardzo pożądanym i świadczącym o bardzo dobrej organizacji wewnątrz zakładu. Jest to bardzo znaczna zmiana, co jest uzasadnione przez fakt, iż proponowane usprawnienia są również swojego rodzaju „przełomem” – dużą reorganizacją aktualnego procesu.



Rys. 3. Udział czasów VA i NVA w procesie przed i po zmianach

## 5. Potencjalne trudności

Czasy produkcyjne oraz wielkości zapasów w toku uległy w tym przypadku bardzo dużemu usprawnieniu, co jest następstwem dużej zmiany, jaka została zaproponowana w niniejszym artykule. Należy podkreślić fakt, iż proponowanym usprawnieniem jest poszerzenie działalności przedsiębiorstwa i przejęcie procesu dotąd zlecanego firmie zewnętrznej. Nie jest to zmiana drobna, ale w zasadzie reorganizacja dotychczasowego sposobu funkcjonowania przedsiębiorstwa. Wiąże się to z poniesieniem nakładów, których dokładne obliczenie czy choćby oszacowanie nie jest w ramach przeprowadzonych badań możliwe, ze względu na tajność danych dotyczących finansów zarówno omawianego przedsiębiorstwa, jak i zakładu zewnętrznego. Poza nakładami stricte pieniężnymi, przedsiębiorstwo byłoby zobowiązane również zadbać o kadrę znającą proces pokrywania materiałów powłoką antykorozyjną oraz posiadającą odpowiednie kwalifikacje do wykonywania tego zawodu. Ponadto samodzielne malowanie obudów wiązałoby się również z koniecznością wygospodarowania oddzielnych pomieszczeń na lakiernię oraz suszarnię, a także z szeregiem innych inwestycji.

Zatem najlepszym rozwiązaniem dla omawianego zakładu byłoby zweryfikowanie wszystkich, zawartych w niniejszym artykule założeń dotyczących malowania obudów bezpośrednio u firmy zewnętrznej i uwzględnienie ich rzeczywistego stanu oraz zasięgnięcie porad specjalistów, zarówno w zakresie nanoszenia powłok antykorozyjnych, jak i w obszarze finansów.

## 6. Wnioski

Celem badań była identyfikacja źródeł marnotrawstwa oraz zaproponowanie sposobu doskonalenia procesów. Dzięki zastosowaniu metody mapowania strumienia wartości cel ten został osiągnięty, a głównym źródłem marnotrawstwa okazały się być zapasy w toku produkcji. Zaproponowane usprawnienie, polegające na przejęciu procesu pokrywania obudów do zacisków hamulcowych przez omawiany zakład, pozwala na osiągnięcie potencjalnych korzyści w wysokości skrócenia czasu produkcji o niemal 65% (około 10 dni roboczych) oraz redukcję ilości gromadzonych zapasów łącznie o 1 602 sztuki, czyli o ponad 97%. Niesie to za sobą zmianę proporcji udziału czynności dodających wartość do

niedodających wartości: z około 60% czynności VA i 40% czynności NVA do ponad 97% czynności VA i jedynie niecałych 3% czynności NVA.

Należy jednak pamiętać o ograniczeniach i trudnościach, jakie mogą wiązać się z wprowadzeniem proponowanego usprawnienia. Zatem przed wprowadzeniem usprawnień pożądanym byłoby przeprowadzenie odpowiednich szczegółowych analiz we współpracy z ekspertami z zakresu powiązanych dziedzin.

W przypadku omawianego w niniejszym artykule przedsiębiorstwa, mapowanie strumienia wartości pozwoliło na zwrócenie uwagi, jak duże konsekwencje niesie za sobą zlecenie części procesu w firmie zewnętrznej. Zatem VSM wskazuje kierunek działań, jakie powinno podjąć w przyszłości przedsiębiorstwo, aby udoskonalić cały proces produkcji i osiągnąć lepsze wyniki. Jednak, aby określić dokładnie jakie będą korzyści wynikające z wprowadzenia opisanego usprawnienia, należy zastosować jeszcze wiele innych metod.

## Literatura

1. Stoner J. A. F., Freeman R. E., Gilbert Jr. D. R., Kierowanie, przekł. A. Ehrlich, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 1997, s. 408
2. Zymonik Z., Hamrol A., Grudowski P., Zarządzanie jakością i bezpieczeństwem, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2013, s. 63
3. Dal Forno A. J., Pereira F. A., Forcellini F. A., Kipper L. M., Value Stream Mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools, „The International Journal of Advanced Manufacturing Technology”, 2014, Vol. 72, Issue 5, ISSN: 0268-3768, s. 779-790
4. Michael C. W., Naik K., McVicker M., Value Stream Mapping of the Pap Test Processing Procedure. A Lean Approach to Improve Quality and Efficiency, „American Journal of Clinical Pathology”, 2013, Vol. 139, Issue 5, ISSN: 0002-9173, s. 574-583
5. Teichgräber U. K., De Bucourt M., Applying value stream mapping techniques to eliminate non-value-added waste for the procurement of endovascular stents, „European Journal of Radiology”, 2012, Vol. 81, Issue 1, ISSN: 0720-048X, s. 47-52
6. Heinzen M., Mettler S., Coradi A., Boutellier R., A new application of value-stream mapping in new drug development: a case study within Novartis, „Drug Discovery Today”, 2015, Vol. 20, Issue 3, ISSN: 1359-6446, s. 301-305
7. Henrique D. B., Rentes A. F., Filho M.G., Esposto K. F., A new value stream mapping approach for healthcare environments, „Production Planning & Control: The Management of Operations”, 2016, Vol. 27, Issue 1, ISSN: 0953-7287, s. 24-48
8. Lacerda A. P., Xambre A. R., Alvelos H. M., Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry, International Journal of Production Research, 2016, Vol. 54, Issue 6, ISSN: 0020-7543, s. 1708-1720
9. Andrade P. F., Pereira V. G., Del Conte E. G., Value stream mapping and lean simulation: a case study in automotive company, „The International Journal of Advanced Manufacturing Technology”, 2015, 19 October 2015, ISSN: 1433-3015 (Online), s. 1-9, źródło: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00170-015-7972-7>, [dostęp: 03-05-2016]
10. Murat Tabanlı R., Ertay T., Value stream mapping and benefit–cost analysis application for value visibility of a pilot project on RFID investment integrated to a manual production control system - a case study, „International Journal of Advanced Manufacturing Technology”, 2013, Vol. 66, Issue 5, ISSN: 0268-3768, s. 987-1002

11. Bertolini M., Braglia M., Romagnoli G., Zammori F., Extending value stream mapping: the synchro-MRP case, „International Journal of Production Research”, 2013, Vol. 51, Issue 18, ISSN: 0020-7543, s. 5499-5519
12. Dinis-Carvalho J., Moreira F., Bragança S., Costa E., Alves A., Sousa R., Waste identification diagrams, „Production Planning & Control: The Management of Operations”, 2015, Vol. 26, Issue 3, ISSN: 0953-7287, s. 235-247
13. Burton T. T., Faster Value Stream Maps, „Industrial Engineer. Engineering and Management Solutions at Work”, 2014, Vol. 46, Issue 6, ISSN: 0268-3768, s. 45-50
14. Rother M., Shook J., Naucz się widzieć: eliminacja marnotrawstwa poprzez Mapowanie Strumienia Wartości, Wyd. The Lean Enterprise Institute, edycja polska: Wrocławskie Centrum Transferu Technologii Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2003, s. 5-8
15. Producent farb i lakierów przemysłowych Colorak Polska sp. z o. o., dane dotyczące pokrywania metali powłoką antykorozyjną, <http://www.colorlak.pl/> [dostęp: 15-11-2016]
16. Czerska J., Doskonalenie strumienia wartości, Wyd. Centrum Doradztwa i Informacji Difin, Warszawa, 2009, s. 22-23

Dr hab. inż. Anna BURDUK, prof. nadzw. PWR  
Mgr inż. Dagmara GÓRNICKA  
Katedra Technologii Laserowych, Automatykacji i Organizacji Produkcji  
Politechnika Wroclawska  
50-371 Wrocław, ul. Łukasiewicza 5  
tel./fax: (0-71) 320 37 10  
e-mail: [anna.burduk@pwr.edu.pl](mailto:anna.burduk@pwr.edu.pl)  
[dagmara.gornicka@pwr.edu.pl](mailto:dagmara.gornicka@pwr.edu.pl)