

ŚRODOWISKOWE ASPEKTY WDRAŻANIA KONCEPCJI LEAN MANUFACTURING

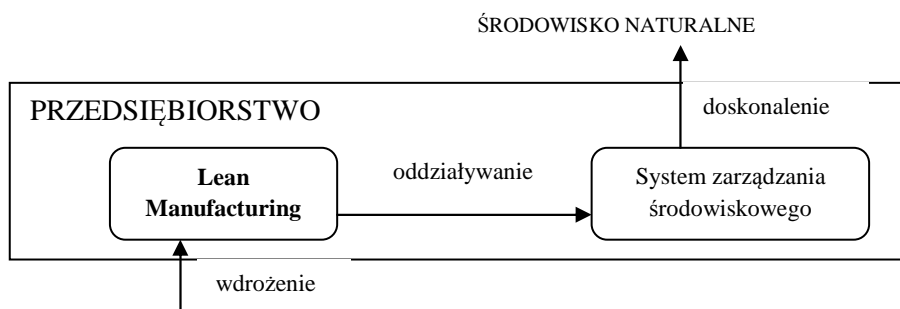
Marek Wirkus, Anna Chmielarz

Streszczenie: Z uwagi na rosnące zainteresowanie tematyką nowoczesnego i niskokosztowego zarządzania środowiskowego w artykule przedstawiono główne obszary wykorzystania narzędzi Lean Manufacturing w procesie doskonalenia zarządzania środowiskowego w przedsiębiorstwach produkcyjnym. Zdefiniowano pojęcie aspektu środowiskowego w ujęciu wymagań normy ISO14001. Opisano budowę środowiskowej wartości dodanej Lean Manufacturing. Podjęto próbę udowodnienia pozytywnego oddziaływania narzędzi Lean Manufacturing na zarządzanie środowiskowe. Artykuł stanowi rekomendację stosowania narzędzi Lean Manufacturing w procesie doskonalenia efektów działalności środowiskowej przedsiębiorstw produkcyjnych.

Słowa kluczowe: zarządzanie środowiskowe, aspekty środowiskowe, Lean Manufacturing, środowiskowa wartość dodana (EVA).

1. Wprowadzenie

Przedsiębiorstwa produkcyjne działające w branżach motoryzacyjnej oraz elektrotechnicznej coraz częściej poszukują rozwiązań doskonalących ich dotychczasowo funkcjonujące procesy wytwórcze. Wśród wielu propozycji mogących usprawnić działalność wytwórczą organizacji znajduje się koncepcja Lean Manufacturing opisana w pracy [2]. Twórcą podwalin filozofii Lean Manufacturing jest niezaprzeczalnie japońska korporacja motoryzacyjna Toyota z opracowanym systemem Toyota Production System, który to w latach 80 został transferowany poza granice Japonii. Lean Manufacturing posiada wiele zbliżonych definicji, które stale się rozwijają i ewoluują do coraz to nowszych sytuacji i rozwiązań.



Rys. 1. Doskonalenie systemu zarządzania środowiskowego z wykorzystaniem koncepcji Lean Manufacturing (opracowanie własne)

Badania empiryczne koncepcji Lean Manufacturing wykazały prawdziwość jej stosowania w celu zwiększenia zdolności konkurencyjnej, zwiększenia wydajności pracy oraz szybkości podejmowania decyzji, zwiększenie uwagi na wymaganiach oraz życzeniach klientów, zwiększenia zadowolenia pracowników dzięki ulepszonej komunikacji między kierownikiem i podwładnym, silniejszą motywacją pracowników oraz utożsamianiem się z sukcesami przedsiębiorstwa [5]. Jak do tej pory nie prowadzono badań weryfikujących stwierdzenie, iż koncepcja Lean Manufacturing ogranicza negatywne oddziaływanie przedsiębiorstw na środowisko naturalne, a tym samym jest narzędziem doskonalącym zarządzanie środowiskowe w przedsiębiorstwie.

Nowy kierunek rozwoju podjęty przez autorów to wykorzystanie koncepcji Lean Manufacturing do usprawnienia funkcjonowania przedsiębiorstw w obszarze produkcji, a jednocześnie do doskonalenia zarządzania środowiskowego. Zgodnie z rysunkiem 1 analizie zostanie poddany przypadek, w którym to przedsiębiorstwa branży elektrotechnicznej i motoryzacyjnej posiadając formalny system zarządzania środowiskowego oparty na normie ISO14001 doskonalą go wdrażając narzędzia Lean Manufacturing. Doskonalenie systemu zarządzania środowiskowego w badanym przypadku jest realizowane poprzez ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko naturalne uzyskiwane dzięki wdrażaniu wybranych narzędzi Lean Manufacturing.

2. System zarządzania środowiskowego w przedsiębiorstwach branży motoryzacyjnej i elektrotechnicznej

Zarządzanie środowiskowe i jego jakość, jako jeden z elementów zarządzania organizacją zyskuje coraz większe znaczenie. Z drugiej strony zmianie ulega również konsument, który w wyniku rosnącej świadomości ekologicznej chce nabywać produkty zdrowe, bezpieczne i wytworzone z poszanowaniem środowiska. W krajach wysoko rozwiniętych zauważalny jest trend związany z uzyskaniem nowej tożsamości ekologicznej organizacji. Nowa tożsamość ekologiczna uzyskiwana jest dzięki wdrażaniu nowoczesnych metod zarządzania w obszarze spełnienia wymagań prawnych związanych z ochroną środowiska.

W prawie polskim aspekt ochrony środowiska został ujęty w art. 5 Konstytucji RP: „Rzeczpospolita Polska zapewnia ochronę środowiska kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju.” Działanie te opierają się między innymi na minimalizacji wszelkich negatywnych oddziaływań środowiskowych. Do prawa powszechnie obowiązującego regulującego aspekt ochrony środowiska należy Prawo Ochrony Środowiska, dla którego aktem podstawowym jest ustawa z 27 kwietnia 2001 roku – Prawo ochrony środowiska. Porusza ona kwestie ogólne związane z konstrukcją systemu norm prawa ochrony środowiska, ich interpretacją i stosowaniem, treścią i źródłami, wynikających z nich zadań i obowiązków obciążających różne podmioty. Uzupełnieniem Prawa Ochrony Środowiska jest ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku traktująca o odpadach. Zawiera ona zapisy ponad trzydziestu dyrektyw Unii Europejskiej, dotyczących między innymi spalania odpadów, składowania odpadów i wymagań ogólnych.

W przedsiębiorstwach produkcyjnych działających w branży motoryzacyjnej i elektrotechnicznej redukcję negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne najczęściej uzyskuje się poprzez wdrożenie i ustanowienie formalnego systemu zarządzania środowiskowego zgodnego z wymaganiami normy ISO14001.

System zarządzania środowiskowego według ISO14001 to część ogólnego systemu zarządzania przedsiębiorstwem, która w swoim zakresie obejmuje strukturę organizacyjną,

planowanie, odpowiedzialność, zasady postępowania, procedury, procesy i środki potrzebne do opracowania, wdrażania, realizowania, przeglądu i utrzymania polityki środowiskowej. Wdrożenie wymagań normy ISO14001 zmierza do zmniejszenia szkodliwego oddziaływania na środowisko naturalne poprzez ocenę ryzyka szkodliwości środowiskowej w planowanych procesach produkcyjnych.

Zarządzanie środowiskowe funkcjonujące w ramach ustanowionego systemu jest realizowane za pomocą systematycznych i ciągłych prac, których celem jest nieustanna redukcja zrzutów zanieczyszczeń do środowiska. Działania te w przedsiębiorstwach funkcjonujących w branżach motoryzacyjnej oraz elektrotechnicznej realizowane są najczęściej między innymi poprzez:

- krytyczną ocenę gospodarki surowcami, wodą, energią,
- ciągłą analizę i usprawnienie istniejących procesów produkcyjnych,
- wprowadzenie nowych procesów jednostkowych lub nowych technologii,
- krytyczną ocenę gospodarki odpadami – pod kątem dalszego ich wykorzystania.

Realizowanie powyższych działań wymaga od przedsiębiorstw zaangażowania znacznej ilości środków finansowych. Dodatkowo w systemach formalnych zarządzania środowiskowego (tj. ISO14001, EMAS) jednym z wymogów jest konieczność ciągłego doskonalenia systemu zarządzania, tak aby minimalizować negatywne oddziaływanie na środowisko naturalne. Utrudnienie w obszarze doskonalenia systemu zarządzania środowiskowego stanowi brak jasnych i czytelnych metod oraz technik ułatwiających osiągnięcie celu w postaci redukcji zrzutów zanieczyszczeń do środowiska.

W ramach spełnienia wymagań normy ISO14001 przedsiębiorstwo zobligowane jest również do identyfikacji aspektów środowiskowych z wyróżnieniem aspektów znaczących. Aspekt środowiskowy to element działań organizacji, jej wyrobów i usług, który może wzajemnie oddziaływać ze środowiskiem. Znaczącym aspektem środowiskowym jest ten, który ma lub może mieć znaczący wpływ na środowisko [3]. Realizując procedurę identyfikacji aspektów środowiskowych, należy brać pod uwagę dane wejściowe i wyjściowe związane z bieżącymi i przyszłymi działaniami, wyrobami i usługami, planowanymi lub nowymi inwestycjami. Znaczące aspekty środowiskowe zidentyfikowane w jednej organizacji nie muszą być aspektami znaczącym dla innej. Każde przedsiębiorstwo wymaga indywidualnego podejścia do analizy oraz identyfikacji aspektów środowiskowych. Aspekty środowiskowe mają wpływ na działania podejmowane w ramach doskonalenia systemu zarządzania środowiskowego. Fragment rejestru aspektów środowiskowych przedsiębiorstwa produkcyjnego został przedstawiony w tabeli 1.

Rejestr aspektów środowiskowych powinien być regularnie przeglądany i uaktualniany. Dane zawarte w rejestrze aspektów środowiskowych powinny stanowić dane wejściowe do systematycznych przeglądów zarządzania. Na podstawie krytycznych wartości znaczących aspektów środowiskowych powinien zostać ustalony program środowiskowy uwzględniający działania oraz nowe inwestycje mające na celu zminimalizowanie negatywnego wpływu organizacji na środowisko naturalne.

Tab. 1. Rejestr wybranych aspektów środowiskowych badanego przedsiębiorstwa produkcyjnego

Aspekt środowiskowy	KOD odpadu	Proces	Wpływ na środowisko	Czy aspekt jest znaczący?
Emisja z farb, rozpuszczalników i rozcieńczalników (AŚ ₁)	15.01.10*	Proces produkcyjny	Zanieczyszczenie gleby i wód gruntowych	TAK
Powstanie odpadów metalowych (odrzut) (AŚ ₂)	Brak kodu	Proces produkcyjny	Zanieczyszczenie gleby i wód gruntowych	TAK
Powstanie odpadów z folii (AŚ ₃)	15.01.02	Proces produkcyjny	Zanieczyszczenie gleby i wód gruntowych	TAK
Powstanie odpadów w postaci makulatury (AŚ ₄)	15.01.01	Proces produkcyjny	Zmniejszanie zasobów naturalnych	TAK
Emisja z farb, rozpuszczalników i rozcieńczalników (AŚ ₅)	15.01.10*	Proces produkcyjny	Zanieczyszczenie gleby i wód gruntowych	TAK
Powstanie odpadów w postaci czyszczywa lub sorbentu zanieczyszczonego substancjami ropopochodnymi (AŚ ₆)	15.02.02*	Proces produkcyjny	Zanieczyszczenie gleby i wód gruntowych	NIE
Powstanie odpadu w postaci zużytego oleju (AŚ ₇)	13.02.08*	Proces produkcyjny	Zanieczyszczenie gleby i wód gruntowych	NIE

Źródło: opracowanie własne

W celu dokonania oceny efektów działalności środowiskowej przedsiębiorstwa definiują wskaźniki pomocne przy przeprowadzaniu tej oceny. Wskaźniki efektów działalności środowiskowej wiążą się z bezpośrednim wpływem działalności organizacji na środowisko poprzez zarządzanie środowiskowe oraz sterowanie operacyjne. Wskaźniki pozwalają również poprawnie sterować procesami, w szczególności tymi które są związane z znaczącymi aspektami środowiskowymi. Poprawnie zbudowany wskaźniki powinien odnosić się w swej budowie do zidentyfikowanych aspektów środowiskowych na poziomie działalności środowiskowej, operacyjnej oraz stanu środowiska.

3. Definicja koncepcji Lean Manufacturing

Koncepcję Lean Manufacturing można definiować na wiele sposobów. Tłumacząc wprost pierwszy człon tj. „Lean” jest to wyszczuplanie lub odchudzanie. W ujęciu zarządzania przedsiębiorstwem słowo Lean oznacza więcej niż tylko odchudzanie. Na wyższym poziomie, koncepcja Lean Manufacturing dostarcza pracownikom umiejętności oraz możliwość partycypacji w procesie eliminowania marnotrawstwa. „Muda” inaczej marnotrawstwo zostało sklasyfikowane przez Shigeo Shingo i są to następujące elementy

spotykane w codziennym funkcjonowaniu organizacji: nadprodukcja, braki, zbędne zapasy, niewłaściwe sposoby wytwarzania, nadmierny transport, przestoje, zbędny ruch. Eliminację marnotrawstwa uzyskujemy poprzez projektowanie nowych procesów z zachowaniem zasad „szczupłego wytwarzania”, przeprojektowywanie istniejących procesów, doskonalenie powiązań oraz przepływów w całym łańcuchu logistycznym. Do doskonalenia już istniejących procesów wytwórczych oraz ukierunkowania przyszłych zmian pod kątem wymagań klienta przedsiębiorstwa mają do dyspozycji cały zestaw narzędzi Lean Manufacturing. Należą do nich: Mapowanie Strumienia Wartości, Dobre Praktyki 5S, Kanban – system zarządzania zapasami, SMED – Single Minute Exchange of Die, TPM – Total Productive Maintenance, standaryzacja pracy. Wymienione narzędzia koncepcji Lean Manufacturing zostaną poddane analizie, w wyniku której zostanie wyodrębniona korzyść środowiskowa. Zbiór pojedynczych korzyści środowiskowych przypisanych do odpowiednich narzędzi z założenia stanie się całkowitą korzyścią środowiskową koncepcji Lean Manufacturing zgodnie z równaniem 1.

$$\{EVA_1(VSM) \cap EVA_2(5S) \cap EVA_3(KANBAN) \cap EVA_4(SMED) \cap EVA_5(TPM) \cap EVA_6(SP)\} = \{TEVA(LM)\} \quad (1)$$

*podkreślenie oznacza obszary objęte badaniem własnym, którego wyniki zostaną zaprezentowane w artykule

Gdzie:

VSM - Mapowanie Strumienia Wartości
 5S - Dobre praktyki na stanowiska pracy
 KANBAN – system ssący zarządzania zapasami
 SMED – Single Minute Exchange of Die

TPM – Total Productive Maintenance
 SP - Standaryzacja pracy
 EVA - Środowiskowa wartość dodana
 TEVA – Całkowita środowiskowa wartość dodana

Reasumując, koncepcja Lean Manufacturing to zbiór narzędzi, których implementacja jest gwarantem doskonalenia nowych i istniejących procesów wytwórczych, powiązań oraz przepływów w całym łańcuchu logistycznym. Elementem nowym w dotychczas istniejącym kanonie koncepcji Lean Manufacturing, będzie próba wykorzystania jej narzędzi w procesie doskonalenia zarządzania środowiskowego przedsiębiorstw działających w branży motoryzacyjnej i elektrotechnicznej. Do tego celu zostanie wykorzystane pojęcie **środowiskowej wartości dodanej** (Environmental Value Add) – EVA.

4. Analiza narzędzi Lean Manufacturing pod kątem oddziaływania z wybranymi aspektami środowiskowymi – studium literatury oraz badania własne

W myśl filozofii Lean Manufacturing w organizacjach produkcyjnych występuje wszechobecna **muda**, czyli działania, które zużywają zasoby lecz nie dodają wartości dla klientów. Odkrywanie rozmiarów marnotrawstwa w organizacjach dokonuje się za pomocą mapowania strumienia wartości. Mapowanie strumienia wartości stanowi prosty diagram wszystkich procesów wchodzących w skład przepływu materiałów oraz informacji niezbędnych do wyprodukowania i dostarczenia wyrobu gotowego do klienta, począwszy od złożenia zamówienia.

W literaturze szczupły strumień wartości obejmuje siedem poniższych elementów. Po pierwsze, wszyscy w całym strumieniu wartości powinni wiedzieć w jakim tempie klient na końcu strumienia konsumuje produkt. Po drugie, należy utrzymywać małe zapasy, przypisując rodzajom zapasów odpowiednią strategię. Po trzecie, należy minimalizować

połączenia transportowe występujące pomiędzy stanowiskami, procesami oraz lokalizacjami. Po czwarte, powinno się przekazywać minimum wymaganej informacji, a informacja powinna być niezakłócona. Po piąte, należy skracać czas przejścia produktu przez cały strumień, ale również przez poszczególne operacje i procesy. Po szóste, należy wprowadzać zmiany przy zaangażowaniu jak najmniejszej ilości zasobów ludzkich i rzeczowych. Po siódme, należy dążyć do doskonałości nieustannie obserwując otoczenie, dostosowując się do zmieniających się wymagań klientów.

Przeprowadzone badania w przedsiębiorstwach produkcyjnych definiują kolejny element szczupłego strumienia wartości: **Po ósme, należy dążyć do doskonałości w zakresie oddziaływania przedsiębiorstwa na środowisko naturalne na każdym etapie wytwarzania produktu** [4].

W badanym przedsiębiorstwie przeprowadzono mapowanie wewnętrznego strumienia wartości dla wybranej gamy produktów. W ramach mapowania strumienia ustalono jego główne parametry m.in. Lead Time (L/T), wykorzystanie czasu, ilość oraz wartość zapasów, ilość braków itp.

Wdrożone usprawnienia spowodowały przesunięcie środka ciężkości w postaci ilości i wartości utrzymywanych zapasów z produktów gotowych i półproduktów na komponenty. Pozytywne zmiany dotyczą również zdefiniowanych i przywołanych głównych parametrów procesu produkcyjnego. Wśród mniej oczekiwanych pozytywnych aspektów wprowadzonych zmian znalazł się wzrost świadomości w zakresie oddziaływania wprowadzonych usprawnień na główne aspekty środowiskowe przedsiębiorstwa [4].

Dzięki usprawnieniom procesowym zaproponowanym w trakcie **mapowania strumienia wartości**, znaczącą poprawę się wybrane wskaźniki środowiskowe badanego przedsiębiorstwa. Środowiskowa wartość dodana **EVA₁(VSM)** została wytworzona dzięki redukcjom wartości następujących wskaźników efektów działalności środowiskowej: dystansu pokonywanego przez komponenty, półprodukty oraz produkty gotowe, ilości wyprodukowanych odpadów w postaci papieru oraz kartonów, kosztów złej jakości oraz ilości reklamacji [4]. Przytoczone zmiany pozytywnie wpłynęły na oddziaływanie przedsiębiorstwa na środowisko naturalne w postaci zmniejszonej emisji CO₂ do powietrza, zmniejszonemu zanieczyszczeniu gleby i wód oraz zmniejszonej degradacji zasobów naturalnych.

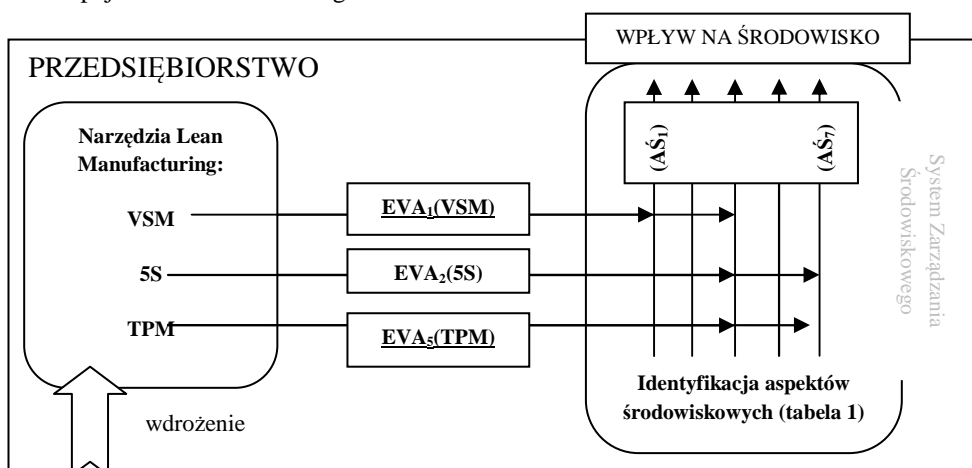
Mapowanie strumienia wartości w badanym przedsiębiorstwie nie tylko pozytywnie wpłynęło na poprawę wskaźników produktywności, ale również na najważniejsze wskaźniki środowiskowe. Uproszczenie przepływu materiałów polegające na zmianie magazynów docelowych dla półproduktów zminimalizowało ilość produkowanych odpadów w postaci kartonów oraz papieru. Dzięki lokalizacji poszczególnych operacji w obrębie jednej hali produkcyjnej redukcji uległa ilość metrów pokonywanych przez komponenty, półprodukty oraz produkty gotowe.

Na skutek zmapowania strumienia wartości w badanym przedsiębiorstwie podjęto decyzję o zastosowaniu kolejnych narzędzi Lean Manufacturing. W kolejnym etapie rozpoczęto prace nad wdrażaniem **dobrych praktyk 5S na stanowiskach pracy**. Czyste, dobrze oznaczone, stworzone z poszanowanie zasad ergonomii stanowisko pracy przyczyniło się do krótszego i sprawniejszego wytwarzania. Pomijając przytoczone pozytywne efekty wdrożenia metod 5S w obszarze organizacji stanowiska pracy, zauważono również pozytywne oddziaływanie na realizację zarządzania środowiskowego w przedsiębiorstwie. Środowiskowa wartość dodana **EVA₂(5S)** została wytworzona dzięki: segregacji odpadów zgodnie z przypisanymi kodami odpadów, zwiększeniu ilości szkoleń

kształtujących świadomość ekologiczną, zmniejszenie ilości wytwarzanych odpadów w postaci źle zmontowanych produktów, zmniejszeniu ilości wypadków przy pracy.

Wprowadzenie zmian w zarządzaniu utrzymaniem ruchu wykorzystując narzędzie **Total Productive Maintenance** w badanym przedsiębiorstwie polegało na doskonaleniu efektywności wykorzystania urządzeń technicznych poprzez: zwiększenie udziału pracowników operacyjnych w pracach związanych z zapewnieniem prawidłowego funkcjonowania maszyn i urządzeń oraz praktykowaniu obsługi prewencyjnej i predykcyjnej dla maszyn i urządzeń. Wdrożenie programu Total Productive Maintenance przyczyniło się do eliminacji strat przypisywanych wyposażeniu produkcyjnemu tj. awarii, przebrojeń, krótkich przestojów, spadków prędkości pracy, braków i poprawek. Środowiskowa wartość dodana **$EVA_5(TPM)$** została wytworzona dzięki: zwiększeniu ilości działań prewencyjnych wykonywanych na maszynach, uzyskaniu większej wartości wskaźnika OEE, zmniejszeniu ilości odpadów w postaci plastiku i metalu, zmniejszeniu ilości odpadu w postaci zaolejonego sorbentu. Przytoczone zmiany pozytywnie wpłynęły na oddziaływanie przedsiębiorstwa na środowisko naturalne w postaci zmniejszonego zanieczyszczenia gleby i wód.

W badanym przedsiębiorstwie produkcyjnym wdrożenie wyżej wymienionych narzędzi Lean Manufacturing pozwoliło wytworzyć środowiskową wartość dodaną. Na rysunku 2 przedstawiono koncepcję środowiskowej wartości dodanej wbudowanej w analizowany przypadek doskonalenia zarządzania środowiskowego z wykorzystaniem narzędzi Lean Manufacturing. Na rysunku wskazano powiązania pomiędzy zidentyfikowanymi aspektami środowiskowymi przedstawionymi w tabeli 1, a nową koncepcją środowiskowej wartości dodanej. Wartość dodana w opisanych przypadkach dotyczy ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko poprzez zredukowanie ilości wytwarzanych odpadów (według odpowiednio przypisanych kodów odpadów) dzięki wdrożeniu wybranych narzędzi koncepcji Lean Manufacturing.



Rys. 2. Środowiskowa wartość dodana (EVA) w powiązaniu z aspektami środowiskowymi zidentyfikowanymi w badanym przedsiębiorstwie produkcyjnym (opracowanie własne)

Zweryfikowanie stwierdzenia, iż koncepcja Lean Manufacturing doskonalenia zarządzania środowiskowego wymaga bardziej szczegółowych oraz dogłębnych badań. Artykuł stanowi

zaledwie wprowadzenie oraz zachęcenie do poszukiwania powiązań koncepcji Lean Manufacturing z innymi obszarami zarządzania funkcjonującymi w przedsiębiorstwie.

5. Podsumowanie

Niniejsza praca stanowi rekomendację wdrażania elementów koncepcji Lean Manufacturing w przedsiębiorstwach produkcyjnych trudzących się problematyką doskonalenia zarządzania środowiskowego. Zaprezentowane nowe pojęcie środowiskowej wartości dodanej staje się potwierdzeniem, iż koncepcja Lean Manufacturing oprócz znaczącego doskonalenia produkcji, również może doskonalić zarządzanie środowiskowe, jednocześnie stanowiąc niskokosztową alternatywę dla inwestycji pro-środowiskowych realizowanych w przedsiębiorstwach produkcyjnych.

Środowiskowy aspekt koncepcji Lean Manufacturing ma znaczący potencjał, pozwalający przedsiębiorstwom produkcyjnym przestawiać myślenie o biznesie na „kurs pro środowiskowy”. Dalsze badania w tym temacie mają na celu dołożenie wszelkich starań, aby uszczegółwić środowiskowy „wizerunek” koncepcji Lean Manufacturing.

Literatura

1. Chrzanowska L.: Sformalizowane i niesformalizowane metody zarządzania środowiskiem w przemyśle. *Czystsza Produkcja w Polsce*, nr 4, 1997.
2. Liker K. J.: *Droga Toyoty 14 zasad zarządzania wiodącej firmy produkcyjnej świata*. MT BIZNES, Warszawa, 2005.
3. Polska Norma: PN-EN ISO14001:2005 – Wymagania system zarządzania środowiskowego. Polski Komitet Normalizacyjny, 2005.
4. Wikus M., Chmielarz A.: Value Stream Mapping as a tool to improve environmental management system. [w:] *Production engineering; Innovations and technologies of the future*, pod red. E. Chlebusa., Wrocław, 2011.
5. Zimniewicz K.: *Współczesne koncepcje i metody zarządzania*. PWE, Warszawa, 2009.

Dr hab. inż. Marek WIRKUS, prof. PG

Mgr inż. Anna CHMIELARZ

Katedra Inżynierii Zarządzania Operacyjnego

Politechnika Gdańska

80-233 Gdańsk, ul. Narutowicza 11/20

Tel. 58 347-15-24

e-mail: mwir@zie.pg.gda.pl

anna.chmielarz@pl.abb.com