

OCENA EFEKTYWNOŚCI WDROŻENIA METODY SMED DLA WYBRANYCH STANOWISK PRODUKCYJNYCH – STUDIUM PRZYPADKU

Katarzyna ANTOSZ, Andrzej PACANA

Streszczenie: Filozofia LM dzięki swoim zaletom skutkuje zwiększeniem zadowolenia klientów oraz poprawą konkurencyjności przedsiębiorstw. Wdrożenie zasad Lean Manufacturing (LM) w produkcji pozwala bowiem zwiększać jej efektywność, poprawić jakość produktów, zmniejszyć zapasy, jak również zużycie materiałów. Jedną z popularnych metod stosowanych w LM jest SMED (Single Minute Exchange of Die). Wdrożenie tej metody pozwala na skrócenie czasu przebrojenia maszyny, a także na wdrożenie ciągłego przepływu produktu bez zbędnego czasu oczekiwania. W opracowaniu zaprezentowano rezultaty wdrożenia metody SMED na trzech wybranych stanowiskach produkcyjnych. Wskazano na podstawie analizy porównawczej jakich korzyści przedsiębiorstwo może oczekiwać, decydując się na wdrożenie tej metody.

Słowa kluczowe: przebrojenie, SMED, Lean Manufacturing

1. Wprowadzenie

W latach czterdziestych XX w fabrykach Toyoty zauważono konieczność szybkich przebrojeń. Było to efektem wdrożenia systemu TPS (Toyota Production System), który wskazywał i wskazuje na konieczność eliminacji nadprodukcji i minimalizacji zapasów. Aby to osiągnąć, niezbędnym było przekształcenie systemu produkcyjnego bazującego na produkcji masowej na produkcję w krótkich seriach. Długie czasy przebrojeń były oczywistą przeszkodą w produkcji krótkich serii, ponieważ zmiana konfiguracji była nie tylko stratą czasu, ale również nie dodawała żadnej wartości. Czas, który był przeznaczony na zmianę konfiguracji mógł być wykorzystany do produkcji [1]. Przedsiębiorstwo może pracować bardziej elastycznie, gdy czasy przebrojeń są krótsze [2]. Opracowanie metody SMED było naturalną konsekwencją konieczności zastosowania krótkotrwałych przebrojeń. Autorem metody jest Shigeo Shingo. SMED jako metoda przebrajania powstała w 1969 roku, kiedy to autor po raz pierwszy użył jej, aby skrócić czas konfiguracji prasy w jednej fabryce Toyoty - Honsha. Jednak w 1950 roku w Toyo Kogyo (Mazda) Shigeo Shingo odkrył, że działania realizowane w procesie przebrojenia można podzielić na działania wewnętrzne i zewnętrzne. W 1957 roku użył tej koncepcji przebrojenia w przemyśle ciężkim, a dokładniej w stoczni Mitsubishi w Hiroszynie. Zachęcał on m.in. do prowadzenia działań zewnętrznych przed rozpoczęciem faktycznego przebrojenia. Efektem takich działań było zwiększenie wydajności o 40% i skrócenie czasu budowy statku z 4 do 2 miesięcy [3, 4]. Metoda SMED to nie tylko skrócenie czasu przebrojenia, ale również związana z tym redukcja kosztów. Dla przykładu po wdrożeniu SMED literatura przedmiotu wykazuje redukcję kosztów równą 2% wielkości sprzedaży przedsiębiorstwa. [5] Obecnie metoda SMED jest jedną z metod wykorzystywanych w szczyptych systemach produkcyjnych [6]. Od wielu lat SMED jest stosowany w wielu

przedsiębiorstwach. Wiele przykładów pokazujących przykłady wykorzystania SMED można znaleźć w literaturze przedmiotu. Np. praca [7] prezentuje proces redukcji czasu przezbrojenia w różnych branżach. Autorzy wskazują również obszary, w których czas przezbrojenia jest ważny dla procesu planowania. Wiele przykładów, stosując metodę SMED można znaleźć, np. w przemyśle farmaceutycznym [8], w odlewni [9], w sektorze metalurgicznym [10] w redukcji czasu przezbrojenia prasy w obróbce blach [11].

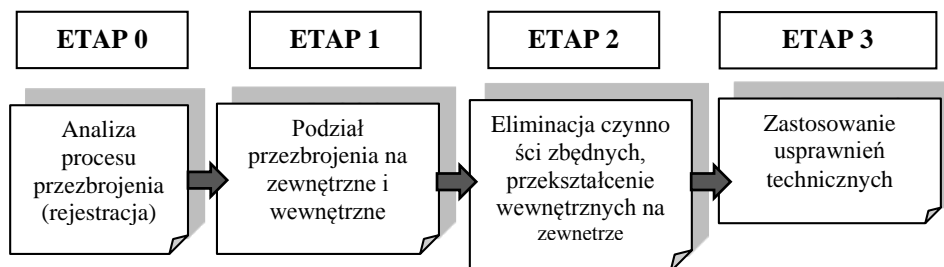
Metoda SMED jest to metoda stosunkowo dobrze znana i często w praktyce stosowana. Problem polega na tym, że przedsiębiorstwa często nie wiedzą jakich efektów mogą spodziewać się po wdrożeniu tej metody na różnych stanowiskach np. o różnym poziomie automatyzacji. Przedsiębiorcy nie zdają sobie również sprawy z ważnej roli jaką w procesie produkcyjnym może pełnić SMED. Problem ten szczególnie dotyczy tych firm, które dopiero poznają ta metodę. Wiele z nich często od razu oczekuje zbyt dużych efektów po jej wdrożeniu. Dlatego też przygotowano opracowanie, które na podstawie studium przypadków pozwoli ocenić, jakie efekty w rzeczywistych warunkach produkcyjnych daje wdrożenie metody SMED.

2. Metodyka wdrożenie SMED

Metoda SMED jest zestawem technik pozwalających na zredukowanie czasów przygotowawczo-zakończeniowych tak, aby dokonanie wymiany oprzyrządowania technologicznego lub ustawienia linii produkcyjnej było realizowane w czasie teoretycznie krótszym niż 10 minut. Autor metody SMED (japoński inżynier Shingeo Shingo) specjalizował się w usprawnieniach procesów produkcyjnych i właśnie jego doświadczenie w tym zakresie zdecydowało o kształcie tej metody. [12] Metoda SMED realizowana jest w czterech etapach

- Etap 0 – brak różnicowania pomiędzy przygotowaniem zewnętrznym i wewnętrznym (rejestracja przebiegu przezbrojenia).
- Etap 1 – podział przezbrojenia na czynności zewnętrzne (wykonywane, gdy maszyny są w ruchu), wewnętrzne (wykonywane tylko podczas postoju maszyn technologicznych) i zbędne (błędnie wykonane czynności w trakcie przezbrajania).
- Etap 2 – eliminacja czynności zbędnych i przekształcenie przygotowania wewnętrznego na zewnętrzne.
- Etap 3 – usprawnianie operacji przygotowawczych poprzez zastosowanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych ułatwiających ustalenie i z mocowanie uchwytów i narzędzi na obrabiarce.

Na rysunku 1. przedstawiono realizację kolejnych etapów metody SMED.



Rys. 1. Graficzna interpretacja etapów metody SMED

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [12]

3. Wdrożenie metody SMED na wybranych stanowiskach

3.1. Wybór stanowisk do analizy i ich charakterystyka

Do przeprowadzenia analiz wybrano trzy stanowiska produkcyjne w przedsiębiorstwach województwa podkarpackiego. Dwa z nich znajdowały się o dużych przedsiębiorstwach natomiast jedno w małej firmie. Każde z przedsiębiorstw pochodziło z innej branży. Te branże to: przemysł spożywczy, produkcja części lotniczych i motoryzacyjnych oraz przemysł gumowy. Zdecydowano się na wybór dwóch kryteriów doboru stanowisk do analizy:

- 1) rola w procesie produkcyjnym (wąskie gardła, procesy pomocnicze) oraz
- 2) rodzaj/typ realizowanych operacji (konwencjonalne, półautomatyczne, automatyczne).

Analizowano przebrojenia na następujących stanowiskach: tokarka pociągowa, maszyna pakująca oraz maszyna do nakładania kleju [13, 14, 15]. W tabeli 1 przedstawiono stanowiska zgodnie z kryteriami wyboru.

Tab. 1. Charakterystyka analizowana stanowisk produkcyjnych.

Stanowisko	Tokarka pociągowa	Maszyna pakująca	Maszyna do nakładania kleju
Rola w procesie produkcyjnym	Wąskie gardło	Proces pomocniczy	Wąskie gardło
Typ/rodzaj maszyny	Konwencjonalna	Automatyczna	Półautomatyczna
Przemysł	Maszynowy	Spożywczy	Gumowy

Dla każdego stanowiska do analizy wybrano jeden rodzaj przebrojenia na nim realizowanego. Wybór tego przebrojenia dokonany był na podstawie opracowanej wcześniej macierzy przebrojeń. Przykład opracowanej macierzy przebrojeń przedstawiono w tabeli 2. Przy wyborze przebrojenia do analizy kierowano się dwoma kryteriami:

- 1) liczba przebrojeń w określonym czasie oraz
- 2) sumaryczny czas tych przebrojeń.

Do analizy wybierano przebrojenie na podstawie opracowanej macierzy przebrojeń, które występowało najczęściej lub/i to którego czas trwania był najdłuższy.

Tab. 2. Przykładowa macierz przebrojeń.

	Liczba przebrojeń w określonym czasie (1 Miesiąc)			Czas trwania przebrojeń [min]		
	Wyrób I	Wyrób II	Wyrób III	Wyrób I	Wyrób II	Wyrób III
Wyrób I	-	3	4	-	35	24
Wyrób II	24	-	8	12	-	10
Wyrób III	6	30	-	25	2	-

W przypadku przedstawionym w tabeli 2 do analizy i zastosowania metody SMED wybrano przebrojenie z wyrobu II na I ponieważ częstotliwość tych przebrojeń wynosiła 24 w miesiącu, a czas ich trwania był równy 12 minut. Przewidywany czas przebrojenia wynosił więc 288 minut w ciągu jednego miesiąca. Analogiczne działania przeprowadzano na wszystkich stanowiskach przyjętych do analizy.

3.2. Analiza stanu aktualnego – propozycje doskonalenia

Na wszystkich analizowanych stanowiskach metodyka wdrożenia metody SMED była taka sama. Przed zastosowaniem metody SMED przeprowadzone zostały szkolenia dla liderów obszaru oraz kadry kierowniczej. Pracownik pracujący na danym stanowisku został zapoznany z zasadami metody SMED oraz działaniami jakie będą podejmowane. Ważnym było wyjaśnienie pracownikowi, aby wykonywał wszystkie czynności w naturalnym tempie. Każda z czynności była rejestrowana. W celu przeprowadzenia dokładnej analizy przez powołany zespół wykorzystywano opracowane karty kontrolne SMED, wykresy sznurkowe przedstawiające poruszanie się pracownika po hali oraz formularze rejestrujące każdą z czynności wykonywanych przez operatora z dokładnym uwzględnieniem czasu ich trwania. Wykonywane czynności zostały rozdzielone jako operacje wewnętrzne, zewnętrzne lub zbędne. Po rejestracji, każde przebrojenie zostało szczegółowo przeanalizowane. W trakcie analizy zebrano następujące informacje: łączny czas trwania wykonywanych czynności, czas trwania czynności zewnętrznych, czas trwania czynności wewnętrznych, liczba czynności wewnętrznych, liczba czynności zewnętrznych, liczba przejść pracownika w czasie trwania przebrojenia. W tabeli 3 przedstawiono fragment przykładowej karty do zbierania informacji o przebrojeniu. Szczegółowe dane dla wszystkich analizowanych stanowisk przedstawiono w tabeli 4.

Tab. 3. Przykładowa karta do zbierania informacji o przebrojeniu (fragment).

Lp	Opis czynności	Pocz. [min.]	Koniec [min.]	Czas trwania [min.]	Wew.	Zew.	Uwagi
1	Demontaż tulejek	00:00	04:29	04:29	X		
2	Odniesienie tulejek	04:29	05:02	00:33		X	Przejście 1,2
3	Odniesienie oprzyrz. + pobranie osłon oraz zatyczek	05:02	05:22	00:20		X	Przejście 3,4
4	Ściągnięcie koszy z podnośnika + zwrot części na pole odkładcze	05:22	07:02	01:40		X	Przejście 5
5	Pobranie nowych części	07:02	07:25	00:23		X	Przejście 6
6	Pobranie oprzyrządowania + puste pojemniki	07:25	08:45	01:20		X	Przejście 7,8
7	Odstawienie wózka	08:45	09:05	00:20		X	Przejście 9,10
8	Pobranie podkładek gumowych pod wrzeciona	09:05	09:35	00:30		X	Przejście 11,12
9	Pobranie brakujących osłonek	09:35	09:49	00:14		X	W tym czasie operator również czyścił osłonki z poprzedniej produkcji
10	Zakładanie: wrzecion, podkładek gumowych, tulejek, zatyczek oraz osłonek	09:49	23:59	14:10	X		Przejście 13,14

Źródło: [14]

Najdłuższy czas trwania przebrojenia zanotowano na stanowisku oznaczonym jako 3, a najkrótszy na stanowisku 2. Najwięcej czynności zewnętrznych zanotowano na stanowisku 3. Na stanowisku 2 wykonano tylko 1 czynność zewnętrzną. Aż 41 czynności wewnętrznych zrealizował operator na stanowisku 2. Najwięcej ruchów wykonał operator pracujący na stanowisku 2.

Przeprowadzona analiza przebrojeń pozwoliła na identyfikację problemów na poszczególnych stanowiskach. W tabeli 5 przedstawiono wykaz wybranych ze zidentyfikowanych problemów na analizowanych stanowiskach oraz propozycje działań doskonalących.

Tab. 4. Zebrane dane dotyczące przebrojeń dla analizowanych stanowisk przed wdrożeniem metody SMED.

Stanowiska	Całkowity czas przebrojenia [godz:min:s]	Czas trwania czynności [godz:min:s]		Liczba czynności		Liczba przejść operatora
		zewnętrznych (Z)	wewnętrznych (W)	wewnętrznych (W)	zewnętrznych (Z)	
Tokarka pociągowa (1)	04:21:46	00:04:36	04:17:10	26	3	23
Maszyna pakująca (2)	01:24:00	01:23:50	00:00:10	41	1	52
Maszyna do nakładania kleju (3)	00:58:30	00:44:02	00:14:28	16	11	30

Tab. 5. Zidentyfikowane wybrane problemy oraz propozycje ich eliminacji.

Lp.	Problemy	Propozycje zmian
1.	Pracownik jest zmuszony do wykonywania czynności zewnętrznych związanych z odstawieniem oraz dostarczeniem na stanowisko wszystkich niezbędnych narzędzi i oprzyrządowania wykorzystywanego w procesie.	Przydzielenie obowiązku dostarczania na stanowisko wszystkich niezbędnych środków pracownikowi innemu niż operator np. osobie odpowiedzialnej za czyszczenie oprzyrządowania.
2.	Oprzyrządowanie w tym elementy współpracujące znajdowały się w różnych miejscach na hali produkcyjnej.	Wykonanie dodatkowych regałów na komplet na najpotrzebniejsze narzędzia i przyrządy, tak aby były w pobliżu przebrajanego stanowiska.
3.	Opuszczanie stanowiska przez pracownika w celu udzielania pomocy operatorowi na innym stanowisku.	Doszkolenie pracownika na innym stanowisku.
4.	Długi czas oczekiwania na kontrolę jakości, szczególnie na stanowisku 2.	Organizacji dodatkowych stanowisk kontroli jakości, przeznaczenie dodatkowej osoby, analiza i uproszczenie procedury kontroli jakości.

Liczbę usprawnień jakie zaproponowano na poszczególnych stanowiskach przedstawiono w tabeli 6. Najwięcej usprawnień zaproponowano na stanowisku 2.

3.3. Analiza przebrojeń po wdrożeniu usprawnień

Po wdrożeniu zaproponowanych działań powołany zespół ponownie dokonał dokładnej analizy przebrojeń. Wykorzystywano opracowane karty kontrolne SMED, wykresy sznurkowe przedstawiające poruszanie się pracownika po hali oraz formularze rejestrujące każdą z czynności wykonywanych przez operatora z dokładnym uwzględnieniem czasu ich trwania. Ponownie krok po kroku szczegółowo analizowano

każde zmodyfikowane już przebrojenie. W trakcie analizy również zbierano informacje dotyczące: łącznego czasu trwania wykonywanych czynności, czasu trwania czynności zewnętrznych, czasu trwania czynności wewnętrznych, liczby czynności wewnętrznych, liczby czynności zewnętrznych oraz liczby przejść pracownika w trakcie trwania przebrojenia. Szczegółowe dane dla wszystkich analizowanych stanowisk uzyskane z badań [13, 14, 15] przedstawiono w tabeli 6.

Tab. 6. Zebrane dane dotyczące przebrojeń dla analizowanych stanowisk po wdrożeniu metody SMED.

Stanowiska	Całkowity czas przebrojenia [godz:min:s]	Czas trwania czynności [godz:min:s]		Liczba czynności		Liczba przejść operatora	Liczba udoskonaleń	Oszczędność czasu
		Z	W	W	Z			
Tokarka pociągowa (1)	04:04:00	00:00:15	04:03:45	20	1	15	7	00:17:46
Maszyna pakująca (2)	00:42:00	00:09:00	00:33:00	25	3	23	10	00:42:00
Maszyna do nakładania kleju (3)	00:38:41	00:04:50	00:33:51	15	5	18	6	00:20:29

Po wdrożeniu metody SMED najdłuższy czas trwania przebrojenia zanotowano na stanowisku 1, a najkrótszy na stanowisku 3. Najwięcej czynności zewnętrznych zanotowano na stanowisku 3. Najwięcej czynności wewnętrznych wykonano na stanowisku 2. Najwięcej ruchów wykonał operator na stanowisku 2. W największym stopniu skrócono czas przebrojenia na stanowisku 2, na którym zaproponowano też najwięcej usprawnień.

3.4. Ocena efektywności wdrożonych działań

Zastosowanie kilku niezbyt skomplikowanych i niskokosztowych rozwiązań przyniosło wymierne korzyści. Wdrożone usprawnienia pozwoliły na skrócenie czasu przebrojenia na wszystkich stanowiskach i przyczyniło się zwiększenia efektywności.

Do oceny efektywności wprowadzonych usprawnień zastosowano wskaźniki oceniające efektywność metody SMED:

- Wskaźnik **ERS** – wyznacza efektywność redukcji strat, które wynikają z realizacji zbędnych czynności.
- Wskaźnik **EPZ** – oznacza efektywność przekształcenia czynności,
- Wskaźnik **EUT** – wskaźnik wyznaczający efektywność usprawnień technicznych,
- Wskaźnik **CESMED** – całkowita efektywność wdrożenia metody SMED.

Do wyznaczenia powyższych wskaźników wykorzystano następujące wzory [12]:

$$ERS = \frac{T_w + T_{ut} + T_z}{T_w + T_{ut} + T_z + T_{zb}} \quad (1)$$

$$EPZ = \frac{T_w + T_{ut}}{T_w + T_{ut} + T_z} \quad (2)$$

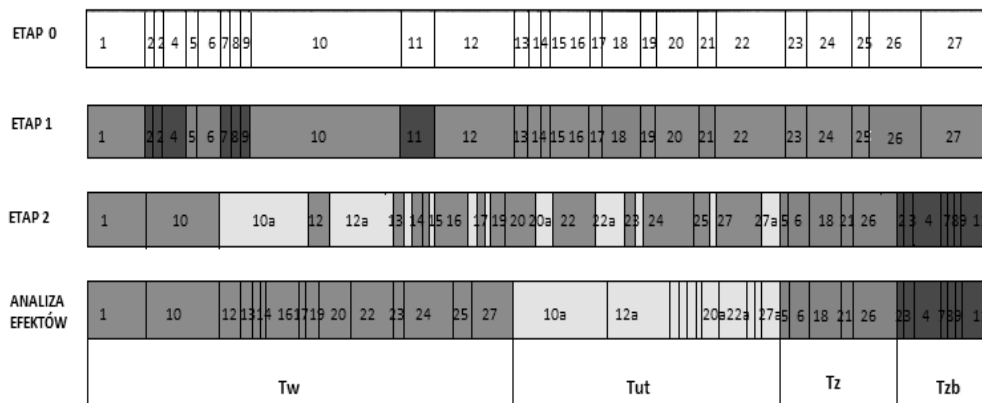
$$EUT = \frac{T_w}{T_w + T_{ut}} \quad (3)$$

$$CESMED = \frac{T_w}{T_w + T_{ut} + T_z + T_{zb}} = ERS \times EPZ \times EUT \quad (4)$$

gdzie:

- T_w – czas trwania czynności wewnętrznych.
- T_z – czas trwania czynności zewnętrznych.
- T_{ut} – oszczędność czasu związana z wdrożeniem usprawnień.
- T_{zb} – czas trwania czynności zbędnych.

Wartość wskaźnika CESMED pokazuje o ile procent skrócił się czas przezbrojenia. Zdefiniowane wcześniej wskaźniki pozwalają ocenić efektywności metody SMED jako narzędzia do skracania czasu przezbrajania maszyn technologicznych oraz skuteczność poszczególnych etapów tej metody. Duże wartości zdefiniowanych wskaźników EPZ i EUT określają obszary (etapy metody SMED), w których należy poszukiwać dodatkowych rozwiązań usprawniających proces przezbrajania. Na rys. 2 przedstawiono schemat przebiegu analizowania wskaźników na poszczególnych etapach metody SMED.



Rys. 2. Schemat przebiegu metody SMED

Źródło: [14]

W tabeli 7 przedstawiono wartości tych wskaźników wyznaczonych dla poszczególnych stanowisk. Dodatkowo w tabeli podano poziom wzrostu wydajności stanowiska.

Tab. 7. Wartości wskaźników dla analizowanych stanowisk.

Wskaźniki	Tokarka pociągowa (1)	Maszyna pakująca (2)	Maszyna do nakładania kleju (3)
ERS	0,86	0,89	0,87
EPZ	0,99	0,81	0,80
EUT	0,98	0,54	0,69
CESMED	0,83	0,39	0,48
Zwiększenie wydajności [%]	4,16	38,00	20,00

Największy efekt metody SMED zanotowano na stanowisku 2. Wartość wskaźnika CESMED wynosi 0,39 co oznacza, że czas przebrojenia uległ skróceniu o 61%. Najmniej udało się skrócić czas przebrojenia na stanowisku 1 - wartość wskaźnika CESMED wynosi 0,83. Największą efektywność usprawnień technicznych zanotowano na stanowisku 2. Wartość wskaźnika EUT wynosi 0,54, co oznacza oszczędności czasu przebrojenia w następstwie usprawnień technicznych na poziomie 46%. Wydajność produkcji dzięki zastosowaniu metody SMED dla stanowiska 2 została zwiększona o 32.4 %. W tabeli 8 przedstawiono średnie wartości wskaźników z uwzględnieniem roli i typu analizowanego stanowiska.

Tab. 8. Średnie wartości wskaźników dla poszczególnych stanowisk uwzględniając typ maszyny i rolę w procesie produkcyjnym.

Wskaźniki		Wąskie gardło	Proces pomocniczy	Konwencjonalna	Półautomatyczna	Automatyczna
Średnia wartość wskaźników	ERS	0,86	0,89	0,86	0,87	0,89
	EPZ	0,90	0,81	0,99	0,80	0,81
	EUT	0,83	0,54	0,98	0,69	0,54
	CESMED	0,65	0,39	0,83	0,48	0,39
	Wzrost wydajności [%]	12,08	38,00	4,16	20,00	38,00

Najlepsze rezultaty osiągnięto dla stanowiska związanego z procesem pomocniczym oraz dla stanowiska automatycznego – wartość średnia wskaźnika CESMED wynosi 0,39. Największy średni wzrost wydajności zauważono dla stanowiska pomocniczego – 38% i dla stanowiska automatycznego – 38%. Najniższy wzrost wydajności zanotowano dla stanowisk konwencjonalnych.

4. Wnioski

Zastosowanie metody SMED na analizowanych stanowisku wyeliminowało zbędne czynności, wzrosła elastyczność produkcji. Dzięki dokładnej analizie przedstawionych wyników, widać znaczące efekty dla poszczególnych stanowisk. Przeprowadzona analiza wskaźnikowa przedstawiła osiągnięte rezultaty. Przedstawione analiza pokazała jak elastycznym narzędziem może być metoda SMED oraz jakich dużych efektów można się spodziewać wdrażając ją na różnych stanowiskach produkcyjnych. Praktycznie można zastosować ją do każdego stanowiska niezależnie od roli w procesie produkcyjnym, jak również do każdego typu stanowiska. Ważnym jest jednak jest, aby właściwie przygotować się do wdrożenia tej metody, zebrać dokładne dane, skrupulatnie wykonać analizy oraz umiejętnie wskazać działania doskonalące. Pamiętać również należy, że efekt końcowy w dużej mierze zależy od współpracy i zaangażowania wszystkich pracowników począwszy od operatora, jak również kierownictwa średniego i najwyższego szczebla.

Literatura

1. Ohno T.:Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Productivity Press, 1988.
2. Cousens A., Szwejcowski M., Sweeney M.: A process for managing manufacturing flexibility, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 29 Issue 4, 2009, 357-385.

3. Shigeo Shingo: A revolution in manufacturing: the SMED system. Productivity, Inc. 1985.
4. Shingo, S.: A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Productivity Press, 1985.
5. Moreira A. C.: Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation”, Journal of Technology Management & Innovation, Vol. 6, Issue 1, 2011, 129-146.
6. Hines P., Holweg M., Rich N.: Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 24, Issue: 10, 2004, 994-1011.
7. Allahverdi A., Soroush H.M.: The significance of reducing setup times/setup costs”, European Journal of Operational Research, Vol. 187, Issue 3, 2008, 978-984.
8. Pacana A., Zaborowski M.: Organizacja produkcji z wykorzystaniem metody SMED w przedsiębiorstwie farmaceutycznym, Zarządzanie Przedsiębiorstwem, 1, 2009, 61-69.
9. Władysław R.: Reengineering of Permanent Mould Casting with Lean Manufacturing Methods, Archives of Foundry Engineering. Vol. 7, Issue 3, 2009, 205-212.
10. Grzybowska K., Gajdzik B.: Optimization of equipment setup process in enterprises Metalurgia, Vol. 51, Number 4, 2012, 555-558.
11. Kumar B. S., Abuthakeer S. S.: Implementation of Lean Tools and Techniques in an Automotive Industry, Journal of Applied Sciences, Vol. 12, Issue 10, 2012, 1032-1037.
12. Antosz K., Pacana A., Stadnicka D., Zielecki W.: Lean Manufacturing – Doskonalenie produkcji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2015.
13. Giec E.: Wykorzystanie metody SMED do skracania czasów przezbrajania na przykładzie wybranego stanowiska produkcyjnego. Praca dyplomowa pod opieką Antosz K., Rzeszów, 2014.
14. Krystyńska A.: Wykorzystanie metody SMED do analizy wybranego przezbrojenia w firmie. Praca dyplomowa pod opieką Antosz K., Rzeszów, 2015.
15. Rykała M.: Zastosowanie metody SMED do analizy wybranego przezbrojenia w przedsiębiorstwie. Praca dyplomowa pod opieką Antosz K., Rzeszów, 2013.

Dr inż. Katarzyna ANTOSZ
 Dr hab. inż. Andrzej PACANA, prof. PRz
 Katedra Technologii Maszyn i Inżynierii Produkcji
 Politechnika Rzeszowska
 35-959 Rzeszów, Al. Powstańców warszawy 12
 tel./fax: (0-17) 8651390, (0-17) 8651452
 e-mail: katarzyna.antosz@prz.edu.pl
 app@prz.edu.pl