

Sławomir ŚWITEK*

ANALIZA POZIOMU WDROŻENIA KOMPLEKSOWEGO UTRZYMANIA RUCHU (TPM) NA PRZYKŁADZIE FIRMY Z PRZEMYSŁU ELEKTROTECHNICZNEGO

DOI: 10.21008/j.0239-9415.2017.074.18

W pracy przedstawiono wyniki wdrożenia koncepcji Kompleksowego Utrzymania Ruchu (TPM) w jednym z zakładów produkcyjnych na terenie Polski, będącym filią międzynarodowej korporacji działającej w branży elektrotechnicznej. Celem badania było potwierdzenie korzyści uzyskiwanych z programu TPM, jednakże na poziomie całego zakładu. Było to zadanie złożone dla tego studium przypadku z uwagi na różnorodność i ilość wyposażenia produkcyjnego. Zebrane dane na przestrzeni ostatnich kilku lat poddano analizie, a jej wynik potwierdza nie tylko słuszność postawionej tezy o skuteczności koncepcji TPM do obniżenia poziomu awarii, ale również daje rekomendacje dla dalszego rozwoju koncepcji w tej firmie i wskazówki dla zarządu. W artykule podkreślono również efekt współdziałania koncepcji TPM z innymi programami ciągłego doskonalenia.

Słowa kluczowe: kompleksowe utrzymanie ruchu, autonomiczne utrzymanie ruchu, prewencyjne utrzymanie ruchu, sześć sigma, szczupłe wytwarzanie

1. WPROWADZENIE

Kompleksowe utrzymanie ruchu, powstałe w Japonii na początku lat 60. ubiegłego stulecia jako inicjatywa niezależna od systemu produkcyjnego Toyoty czy koncepcji usprawnieniowych powstałych w świecie cywilizacji zachodnich, doczekała się dopiero w 2016 r. oficjalnego uznania przez IATF (*international automotive task force*) i umieszczenia w najnowszej wersji głównego standardu systemu zarządzania jakością dla przemysłu motoryzacyjnego IATF 16949:2016 jako wymóg formalny normy do spełnienia. Poprzednia wersja normy odnosiła się jedynie

* Doktorant Instytutu Ekonomii i Zarządzania Wyższej Szkoły Gospodarki w Bydgoszczy.

do prewencyjnego i predykcyjnego (prognozującego) utrzymania ruchu. Obecnie klauzula 7.5.1.4 wymaga całościowego podejścia do tych zagadnień i używa oryginalnej nazwy TPM (*total productive maintenance*) użytej po raz pierwszy dla tej koncepcji na początku lat 70. ubiegłego stulecia. IATF uzasadnił swoją decyzję dotyczącą zwiększenia wymagań w tym zakresie, niewystarczającymi praktykami utrzymania wyposażenia, które negatywnie wpływały na klienta. Norma ponadto wymaga, od strony technicznej zagadnienia, koncentracji na usprawnianiu kluczowych mierników jak OEE (*overall equipment effectiveness* – całkowita efektywność wyposażenia), MTBF (*mean time between failures* – średni czas pomiędzy awariami), MTTR (*mean time to repair* – średni czas pomiędzy awariami) oraz wykonywania cyklicznych remontów na bazie stałych, przyjętych interwałów czasowych.

Przyjęcie rozszerzonych wymagań w tak istotnym dla gospodarki przemyśle (motoryzacyjnym) zwiększa znacząco rangę tej koncepcji zarządzania i wymusi wkrótce na firmach tej branży zdecydowane działania dostosowawcze do spełnienia wymagań nowej wersji normy. Może to stanowić dla wielu firm poważne wyzwanie, jako że doświadczenie wdrożeniowe wykazuje relatywnie niski poziom wdrożeń zakończonych sukcesem (<30%) (Gupta, Tewari, Sharma, 2005).

2. HISTORIA POWSTANIA KONCEPCJI I MODELE TPM

Po raz pierwszy nazwa TPM została użyta dla projektu poprawy produktywności produkcji w firmie Nippondenso (obecnie Denso Corporation) w 1961 r., gdzie zaczęto wdrażać prewencyjne utrzymanie ruchu przejęte przez Japończyków od Amerykanów. Takie dodatkowe działanie wywołało oczywiście znaczną potrzebę dodatkowych zasobów w dziale utrzymania ruchu koniecznych do realizacji „nowych” zadań. To tutaj, aby poradzić sobie przynajmniej częściowo z tym problemem, zdecydowano, aby przekazać część odpowiedzialności za utrzymanie wyposażenia w ręce personelu produkcyjnego. Był to początek „autonomicznego utrzymania ruchu” realizowanego przez operatorów. Program silnie odwoływał się do zaangażowania kierownictwa i pracowników. Odpowiedzialność za stan techniczny wyposażenia, dokonywanie konserwacji i przeglądów przestawała być jedynie domeną techników działu utrzymania ruchu, ale stawała się zadaniem całej organizacji.

Jednym z głównych zwolenników propagujących nowe podejście był Seiichi Nakajima, który za swój wkład w rozwój TPM-u został nazwany „ojcem” tego podejścia. Nakajima podał model TPM-u, w którym jego poszczególne składowe nazwał filarami systemu.

Z czasem pojawiały się nowe wersje koncepcji, także proponowane przez świat zachodni. Powstał pewien dysonans w podejściu pomiędzy tym, co Japończycy

akcentowali w początkowym modelu na bazie swoich doświadczeń (całkowite zaangażowanie pracowników w małych grupach roboczych), a tym, co proponowano na szeroko rozumianym Zachodzie (osiąganie celów operacyjnych przez skupienie się najpierw na krytycznym wyposażeniu). Obydwa podejścia dążą jednoznacznie do tych samych wyników, z tym, że japoński styl osiągania tych rezultatów opiera się jednak bardziej na pracownikach i procesie (Minh, 2011). W tabeli 1 wykazano obecność głównych filarów we wszystkich wersjach modelu tj.:

- kaizen rozumianego jako ciągle doskonalenie realizowane małymi, szybkimi krokami często niskokosztowymi,
- autonomicznego utrzymania ruchu realizowanego przez operatorów w zakresie prostych czynności tj. czyszczenia, inspekcji czy smarowania,
- prewencyjnego utrzymania ruchu realizowanego przez dział UR,
- szkoleń i ich fundamentalnej roli w rozwoju zespołu dla uzyskiwania lepszych wyników.

Tabela 1. Porównanie modeli TPM (oprac. własne na podst. (Suzuki, 1992; Borris, 2006; Jain, Bhatti, Singh, 2014))

Model Nakajimy – 1984-1988	Model wg Yeomansa i Millingtona – 1997	Model wg Steinbachera i Steinbackera – 1993	Model wg SME – 1995
ciągle usprawnienia (Kobetsu Kaizen)	wzrost efektywności wyposażenia	korekcyjne UR	wzrost efektywności wyposażenia
autonomiczne utrzym. ruchu (jishu hozen)	autonomiczne utrzymaniu ruchu	autonomiczne UR	zaangażuj operatorów w codzienne UR
prewencyjne utrzymanie ruchu	planowane prewencyjne UR	prewencyjne i predykcyjne UR	
szkolenia i edukacja			edukacja i szkolenia
prewencja utrzymania	szkolenia	prewencja UR	usprawnij wydajność i efektywność UR
jakość utrzymania			projektuj i zarządzaj
TPM w administracji	wczesne zarządzanie wyposażeniem		wyposażeniem dla unikania UR
bezpieczeństwo i środowisko			

3. BADANIA LITERATUROWE

Do przeglądu literatury naukowej w zakresie zastosowań kompleksowego utrzymania ruchu posłużono się wyszukiwarką Google Scholar oraz międzynarodowym portalem dla studentów i naukowców researchgate.net. W okresie ostatnich

pięciu lat za pomocą tych wyszukiwarek znaleziono stosunkowo niewiele, bo jedynie 11 artykułów, które zawierały dane z przemysłowych aplikacji TPM (tab. 2). Znamienne jest, że obszary zastosowań tej koncepcji dotyczą tych procesów, w których nawet krótkotrwały postój linii spowoduje poważne straty (produkcja ciągła i masowa) lub konsekwencje dla innych zainteresowanych stron (elektrownia).

Ponadto ciekawa obserwacja dotyczy okresu, z którego pochodzą prezentowane dane. W wielu przypadkach dane pochodzą z trzech miesięcy, w kilku artykułach autorzy powołują się na dane kilkudniowe lub kilkutygodniowe, zaledwie jedna praca dotyczy rocznego okresu zbierania i obserwacji danych. Takie badania krótkoterminowe mają ograniczone zastosowanie, ponieważ pozwalają na analizę stanu początkowego przed wdrożeniem TPM, analizę projektów pilotażowych o wąskim zakresie oddziaływania oraz analizę skuteczności działań podejmowanych w filarze szybkich usprawnień małymi krokami, tj. kobetsu kaizen.

Tabela 2. Zestawienie publikacji naukowych opisujących wdrożenia TPM

Publikacja	Dane z okresu	Zastosowanie
(Almeanazel, 2010)	15 dni	przemysł stalowy
(Chlebus, 2014)	3 miesiące	przemysł wydobywczy
(Fore, Zuze, 2010)	4 miesiące	obróbka mechaniczna
(Furman, 2014)	1 rok	produkcja
(Katkamwar, Wadatkar, Paropate, 2013)	brak informacji	przemysł włókienniczy
(Kumar, Kumar, 2016)	1 miesiąc	rozlewnia napojów
(Madanhire, Mbohwa, 2015)	11 miesięcy	konfekcjonowanie i pakowanie słodczy
(Marks, Wiwatowski, 2013)	3 miesiące	browar
(Ohunakin, Leramo, 2012)	7 tygodni	produkcja napojów
(Sayed, 2015)	3 miesiące	przemysł (ogólnie)
(Sharma, Jain, Jain, 2012)	3 miesiące	elektrownia parowa
(Stecula, Brodny, 2016)	8 dni	przemysł wydobywczy

Pomorski (2004) wyraźnie podkreśla za wspomnianym wcześniej Nakajimą, że wdrożenie całego systemu z uwagi na jego wieloaspektowość wymaga min. trzech do pięciu lat. W tym kontekście wdrożenie koncepcji TPM stanowi wyzwanie dla wszystkich organizacji, gdyż w dłuższym okresie będą się zmieniać warunki biznesowe oraz działać zakłócenia, które staną się przeszkodą dla działania długofalowego, jakim jest rozwój TPM w firmie.

Autor tego artykułu, w kontraście do zaprezentowanych wyników badań literaturowych, przywołuje dane z trzech, a czasem czterech lat, które pozwolą uchwycić

cić wpływ wdrożenia TPM (trendy we wskaźnikach) na poziomie dużej i zróżnicowanej organizacji oraz przyjrzeć się zakłóceniom, które nie wystąpiłyby w analizie krótkoterminowej.

Publikacji o wdrożeniach TPM w Polsce na poziomie całego kraju praktycznie nie ma. Globalnej informacji o wdrażaniu TPM dostarczyła ankieta czasopisma branżowego SUR – służby utrzymania ruchu [24], której ostatnie wydanie powstało w 2013 r. Zgodnie z nią 40% respondentów potwierdziło, że w firmach wdrożono metody prewencyjne (zaledwie jeden z filarów TPM), zaś cały TPM wdrożono w 8,02% badanych firm. Dominuje więc fragmentaryczne podejście do zarządzania utrzymaniem ruchu, co pokazuje z drugiej strony duże możliwości istniejące w tym obszarze operacyjnym. W kontekście wdrożeniowym aż w 41% przypadków inicjatorem pomysłu był dyrektor firmy. To dobry sygnał, gdyż rola kierownictwa w TPM jest kluczowa. To od tzw. sponsora wszystko powinno się zaczynać. Ponadto spory odsetek ankietowanych (44%) podkreślił ważną rolę kierownika UR w proponowaniu rozwiązań. Ważne jest jednak, aby zapewnić, że wysiłek usprawnień nie dotyczy jedynie działu UR, ale całej firmy zgodnie z podejściem interdyscyplinarnym.

4. TPM NA TLE INNYCH KONCEPCJI DOSKONALENIA

W wielu przypadkach wdrożenie TPM następuje w organizacjach, gdzie już istnieją inne koncepcje usprawnieniowe jak TQM (*total quality management* – kompleksowe zarządzanie jakością), szczupłe wytwarzanie (*lean manufacturing*) czy six sigma. Na podstawie przeprowadzonych badań literaturowych i doświadczenia autora tego artykułu należy podkreślić, że generalnie istnienie uprzedniego usystematyzowanego podejścia do usprawniania w firmie pomaga we wdrożeniu TPM.

W zakresie narzędzi i metod TPM dąży do eliminacji marnotrawstwa przez ciągłe, drobne, ale za to szybkie i często bezkosztowe usprawnienia – *kaizen*, przez co temu podejściu jest najbliższe do koncepcji szczupłego wytwarzania (Thota, Dwivedi, 2006). Można by nawet nazwać TPM pewną szczególną aplikacją szczupłego podejścia w obszarze utrzymania parku maszynowego.

Jeśli zaś chodzi o tzw. „miękkie” aspekty zarządzania, to zaangażowanie pracowników w tę inicjatywę od wysokiego kierownictwa po operatora ma swoje korzenie w TQM (Kedar, Borikar, 2016) i znajduje odzwierciedlenie w autonomicznym utrzymaniu ruchu (Kocher et al., 2012) oraz w roli sponsora programu i komitetu sterującego. Ponadto (Gupta, Tewari, Sharma, 2005) widzi inne podobieństwa pomiędzy TPM a TQM – sposób prezentacji dokumentacji procesowej, dokonywanie badań benchmarkowych oraz wykorzystanie narzędzi unikania błędów (*mistake-proofing*).

W zakresie metodyki *six sigma*, powstałej na bazie TQM, ale odpowiadającej na bolączki poprzedniego podejścia (np. zbyt szeroko rozumiana rola szkoleń, słabo zaznaczone cele, podejście bardziej rozumiane jako generalna koncepcja działania długoterminowego niż zdyscyplinowane działania ukierunkowane na osiągnięcie konkretnych rezultatów w czasie), wymienia się pozytywny wpływ na wdrożenie TPM-u z uwagi na często towarzyszące wdrożeniu *six sigma* usystematyzowane zbieranie danych (Thomas, Jones, Vidales, 2006), będące podstawą fazy „analizuj” i „usprawnij” w procesie DMAIC (*define, measure, analyse, improve, control* – fazy procesu rozwiązywania problemów, którym towarzyszy użycie poszczególnych narzędzi i technik), oraz sam proces DMAIC, który pozwala wyfiltrować tylko te przyczyny źródłowe, które na podstawie analizy statystycznej zostały uznane za statystycznie znaczące i usprawnić proces, skupiając się tylko na tych działaniach, które przyniosą największy efekt (Harsej, Yusof, 2011).

5. METODA BADAWCZA

Autor tego opracowania posłużył się jakościową metodyką badania w postaci studium przypadku. Obiektem badań wdrożenia kompleksowego zarządzania utrzymaniem ruchu w zakładzie produkcyjnym w Polsce, będącym częścią amerykańskiej korporacji, która od 2001 r. jest organizacją, gdzie wdrożono ogólnie koncepcję *lean six sigma*. W zakładzie tym produkuje się złącza wielostykowe i wiązki kablowe głównie dla klientów branży elektrotechnicznej, w pewnej części także dla przemysłu motoryzacyjnego. W przedsiębiorstwie tym znajduje obecnie zatrudnienie ok. 1000 osób.

5.1. Warunki początkowe

W celu efektywnego zarządzania ciągiem procesów technologicznych w jednym miejscu w tej fabryce zintegrowano procesy służące do wytworzenia głównych komponentów produkowanych wyrobów (galwanizernia, wtryskownia, tłocznia) wraz z procesami montażu (od ręcznych do półautomatycznych), po których wyroby gotowe są wysyłane do klientów.

Z uwagi na specyfikę produkowanych wyrobów oraz częstą praktykę transferu maszyn i produkcji wyrobów z różnych części świata, charakterystycznym dla tego zakładu jest:

- zróżnicowanie maszyn montażowych, które należy traktować jako rozwiązania specjalne, przeznaczone specjalnie dla danej grupy wyrobów zarówno pod kątem wyboru producenta (wynik braku standaryzacji globalnej na przestrzeni wielu lat), jak i wersji wyposażenia; dla przykładu zastosowane wersje układów sterowania na bazie Simatic firmy Siemens dotyczą rozwiązań z ostatnich 20 lat,

- zużywanie się, a właściwie wycieranie się wkładek w wielogniazdowych formach wtryskowych, które służą do produkcji wyprasek z tworzyw technicznych z wypełniaczami w postaci włókien szklanych; zaobserwowano podobny wpływ tworzywa na układ uplastyczniający wtryskarek,

- duża precyzja wykonania części zamiennych do tłoczników i form, gdzie często odchyłka na poziomie 0,01–0,02 mm produkowanego komponentu decyduje o dalszej jakości montażu.

Opisane warunki brzegowe powodowały w efekcie wymierne straty w dostępności wyposażenia produkcyjnego i miały negatywny wpływ na jakość produkowanych wyrobów, co skłoniło dyrektora generalnego do podjęcia decyzji o wdrożeniu TPM w tej lokalizacji produkcyjnej jako inicjatywie lokalnej i oddolnej.

5.2. Wdrożenie

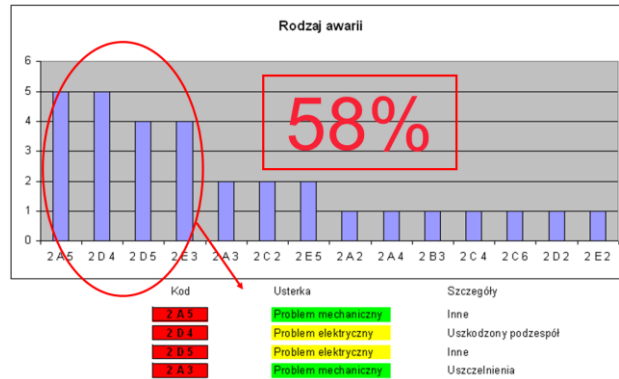
Aby przygotować organizację do podjęcia tego wyzwania, zgodnie z kanonami postępowania przy wdrożeniu tej koncepcji, powołano koordynatora ds. TPM, raportującego bezpośrednio do sponsora tej inicjatywy (tj. dyrektora generalnego, dla właściwego umocnienia tej osoby w strukturze firmy) oraz komitet sterujący, który na comiesięcznych spotkaniach podsumowywał wyniki programu i określał dalsze działania na przyszłość. W skład tego gremium decyzyjnego wchodził sponsor, kierownicy produkcji będący użytkownikami maszyn i narzędzi, odpowiedzialnymi za ich utrzymanie w dobrym stanie, kierownik techniczny odpowiedzialny formalnie za utrzymanie ruchu w zakładzie (infrastruktura oraz naprawy i przeglądy maszyn) oraz koordynator ds. TPM. Wypracowano plan wdrożenia, który rozpoczynał się od powołania grup roboczych i odpowiednich szkoleń, które miał zapewnić głównie wspomniany koordynator, osoba z wieloletnim doświadczeniem we wdrażaniu metodyki TPM w branży FMCG.

Projekty pilotażowe do tego planu działania wybrano na podstawie istniejących danych – należy tu podkreślić, że w tym zakładzie istniała już od kilku lat szeroko wdrożona koncepcja *lean six sigma* wraz z ogólnozakładowym programem organizacji miejsca pracy 5S, a więc „stan obecny” w zakresie istniejących strat był już właściwie zmierzony, a dane dostępne.

Do wdrożenia zastosowano cytowany w punkcie 2 model Nakajimy, jednak bez działań w zakresie administracji i środowiska, gdyż znajdowały się one w zakresie innych, już prowadzonych inicjatyw.

Dużym wyzwaniem stało się wdrażanie założeń autonomicznego utrzymania ruchu (AUR), gdyż w tej organizacji operatorzy byli przeznaczeni wyłącznie do produkowania, a technicy SUR do naprawy maszyn zgodnie z wieloletnią praktyką specjalizacji pracy, wynikającą z zasad taylorizmu. Trzeba przyznać, że stymulowanie zaangażowania pracowników produkcyjnych przez zgłaszanie problemów związanych z utrzymaniem ruchu na tzw. czerwonych kartkach przebiegało zgod-

nie z oczekiwaniami (rys. 1). Pracownicy po przeszkoleniu potrafili wstępnie identyfikować rodzaj problemu, zgodnie z nomenklaturą przyjętą na czerwonej kartce. Dalsze działania autonomicznych grup roboczych były priorytetyzowane zgodnie z zasadą Pareto.



Rys. 1. Liczba zgłoszonych awarii w miesiącu na jednym z wydziałów produkcyjnych

W ramach prewencyjnego utrzymania ruchu (PUR) za pomocą interdyscyplinarnego podejścia stworzono specyficzne plany obsługi prewencyjnej dla poszczególnych maszyn i narzędzi (począwszy od najbardziej krytycznych z uwagi na przestoje i liczbę braków), które następnie realizowali operatorzy po odpowiednim przygotowaniu (rys. 2).

Przegląd Autonomiczny		Obszar:	Wydział / Linia Wytwórczości	Urządzenie / Urząd	Podzespół	Opracował:	Data:
Zdjęcia pogotowe							
1.0	Kolumny prowadzące	Brak brud i zapiekania środek, przetrzeć olejki na kolumnach, podjąć czyszczenie (sterilizacja).	Metoda	Harvest / Norma	Zapewnić	3,5	II
2.0	Kolumny prowadzące agregatu	Przetarte czyszczeniem kolumny prowadzące agregatu.		czyszczo	A	3,5	II
3.0	Podparcie płyty	Usuk zamocowania z listwy i przesmarowanie		czyszczo, Anal Degol BG 220	A	3,5	II
4.0	Płyta montażowa - powierzchnia	Usuk brud i przesmaruj powierzchnie montażowe.		czyszczo, WD-40	A	3,5	II
5.0	Śruby mocujące	Wyczyść i przesmaruj śruby i gwinty.		czyszczo, WD-40	A	3,5	II
6.0	Gniazda prowadzące	Sprzątaj czyszczo powierzchnie.		czyszczo	A	3,5	II
7.0	Prowadnice osłon	Sprzątaj czyszczo powierzchnie.		czyszczo	A	3,5	II
8.0	Wyłącznik Awaryjny	Sprzątaj, newszczotkować				3,5	-

ZAGRODZENIA:

A - ostrzeżenie
B - sprężenie/odprężenie
C - wystrzał
D - odprężenie
E - opóźnienie
F - porażenie prądem
G - rozprysk
H - zapalenie/ryzyko

SYMBOLE OCENY:

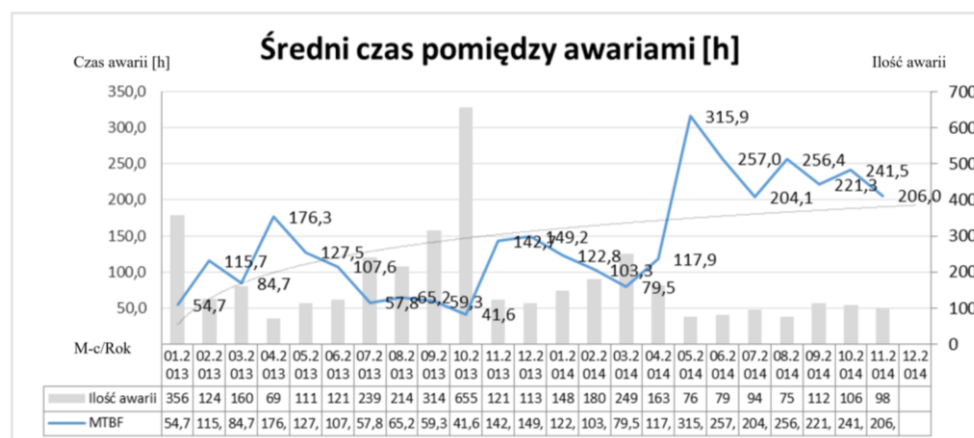
1 - wystrzał
2 - wystrzał termiczny
3 - odprężenie
4 - ryzyko
5 - odprężenie
6 - rozprysk
7 - rozprysk
8 - zapalenie
9 - błąd
10 - błąd
11 - błąd
12 - błąd
13 - błąd
14 - błąd
15 - błąd
16 - błąd
17 - błąd
18 - błąd
19 - błąd
20 - błąd

Rys. 2. Przykład planu obsługi prewencyjnej (AUR) – wtryskownia

Umieszczeniu czerwonej kartki na maszynie, w miejscu, w którym wystąpił problem, towarzyszyło zgłoszenie go w systemie klasy CMMS, który pozwolił dalej na analizowanie klasycznych, kluczowych wskaźników efektywności (KPI), stosowanych w programach TPM do monitorowania poziomu awaryjności maszyn (rys. 3 i 4).

5.3. Analiza otrzymanych wyników

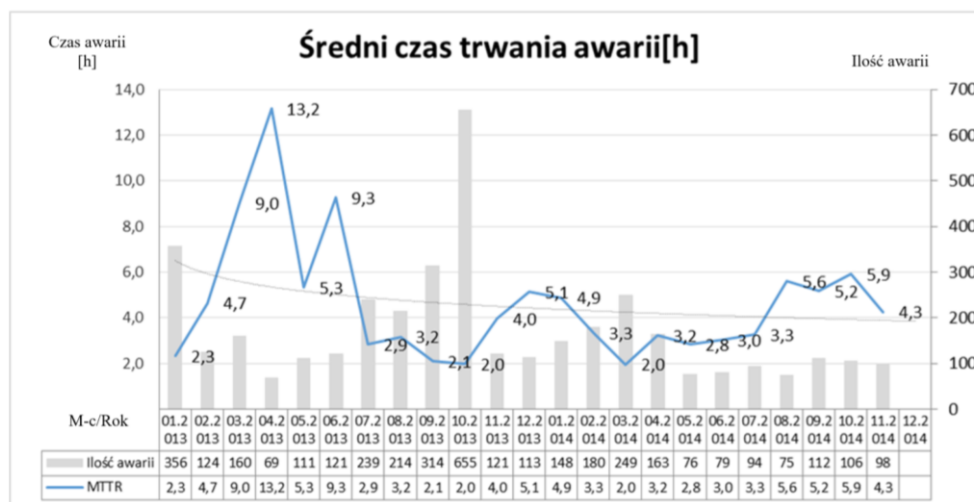
Z uwagi na wielkość tego przedsiębiorstwa oraz ilość i różnorodność wyposażenia produkcyjnego rozwinięcie działań wdrożeniowych na kluczowych odcinkach produkcyjnych trwało wiele miesięcy, zanim pokazały się pierwsze symptomy usprawnienia. Ponieważ za główny cel przyjęto zwiększenie dostępności parku maszynowego, w opisie tendencji i w tym przypadku wdrożenia TPM na poziomie operacyjnym zastosowano średni czas pomiędzy awariami MTBF (*mean time between failures*) oraz średni czas trwania awarii MTTR (*mean time to repair*).



Rys. 3. Średni czas pomiędzy awariami MTBF – na poziomie całego zakładu

Jak widać na zaprezentowanych wykresach, obydwa mierniki operacyjne wykazują pozytywne tendencje. Kluczowymi czynnikami sukcesu były tutaj działania prewencyjne dotyczące pras i wtryskarek, które uwzględniały modyfikację planów prewencyjnych uzgodnioną z serwisem producenta na podstawie statystyki wystąpień (awarii) i ich krytyczności dla postojów maszyn. Dodatkowo stabilność zespołu produkcyjnego (brak rotacji), przeprowadzane regularnie szkolenia dla kadry technicznej, wprowadzane narzędzia diagnostyczne (np. analizator stopnia zanieczyszczenia oleju hydraulicznego) czy częściowe przypisanie personelu do okre-

ślonych zadań wpływały korzystnie na osiągnięcie wyników świadczących jednoznacznie o dokonaniu usprawnienia.



Rys. 4. Średni czas trwania awarii MTTR – na poziomie zakładu

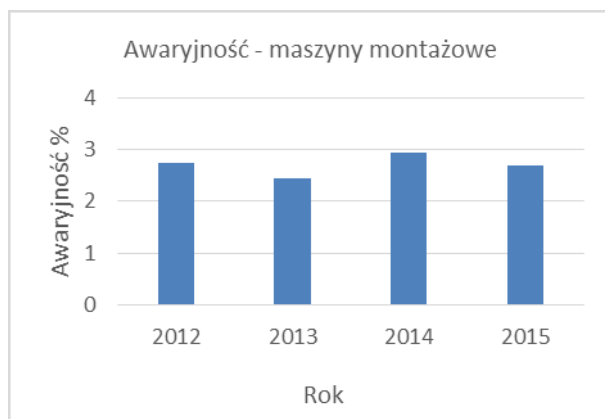
Widoczne w końcu 2013 r. krótkotrwałe wydłużenie średniego czasu awarii było spowodowane transferem nowego sprzętu produkcyjnego, tj. maszyn montażowych zestarzałych moralnie, z kiepską dostępnością części zamiennych oraz zwiększoną awaryjnością po fizycznym transferze maszyny (klikutygodniowy przestój maszyny od momentu jej demontażu do ponownego uruchomienia w nowym miejscu negatywnie wpływał na trwałość układu pneumatycznego).

Analizując wskaźnik awaryjności (stosunek godzin przepracowanych przez maszynę do sumy godzin pracy i awarii) w poszczególnych działach, można zauważyć ponownie systematyczny spadek ogólnej awaryjności wtryskarek na przestrzeni ostatnich 4 lat (rys. 5) zaś w analogicznym okresie w przypadku maszyn montażowych nie zaobserwowano żadnego trendu (rys. 6). Tłumaczy się to dodatkowymi zakłóceniami, przy czym obok stanu technicznego maszyn należy wymienić stosowaną przez firmę politykę ograniczania środków na prewencję i długotrwałą procedurę podejmowania decyzji biznesowych co do najbardziej krytycznego sprzętu (najgorsze wyniki kluczowych mierników i koszty awarii), co było problemem systemowym.

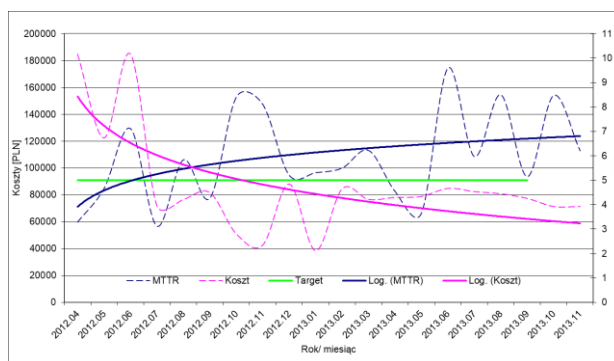
Na rysunku 7 pokazano korelację pomiędzy wzrostem wartości wskaźnika MTTR a spadkiem wydatków na prewencję, co dobrze odzwierciedla specyficzną sytuację na wydziałach montażowych.



Rys. 5. Awaryjność na wydziale wtryskarek



Rys. 6. Awaryjność na wydziale montażu automatycznego



Rys. 7. MTTR vs. koszty prewencji w wybranym okresie analizy danych – wydział montażowy

5.4. Wskazówki na przyszłość

Zgodnie ze strategią wdrożeniową tej koncepcji, która zakłada ciągłe jej doskonalenie, dokonano samooceny stopnia wdrożenia i spełnienia wymagań systemu.

Dla przykładu, w zakresie niezawodności i spójnego zbierania danych zauważono niedokładności w raportowaniu stanu „awaria” na różnych wydziałach. Zalecono przegląd kodyfikacji zdarzeń według rodzaju problemu i ich standaryzację dla wszystkich wydziałów.

Mimo wizualnej prezentacji poziomu wskaźnika OEE w przypadku kluczowego wyposażenia stwierdzono brak planów poprawy dla tego wskaźnika lub część działań określono jako nieskuteczne. W tym ważnym aspekcie zalecono wdrożenie standaryzowanego formularza planu poprawy OEE, w którym oszacowywano wpływ każdego działania na każdą ze składowych OEE, dzięki czemu wybierano tylko te działania, które miały dać największy efekt.

Aby dalej rozwijać filar autonomicznego utrzymania ruchu (AUR) realizowanego przez operatorów, zdecydowano się na wzmocnienie zaangażowania pracowników przez realizację tzw. planu 7 kroków autonomicznej obsługi, według którego miały być podwyższane kompetencje personelu produkcyjnego, w tym aspekty miękkie.

Z uwagi na systematyczne transfery maszyn i narzędzi do zakładu z innych jednostek biznesowych zalecono wdrożyć strategię MRO zarządzania zapasami części zamiennych dla listy części krytycznych określonych w bazie systemu CMMS jeszcze przed fizycznym transferem narzędzi, co winno uchronić w znacznej mierze narzędziownię przed gwałtownym wzrostem zapotrzebowania na części w fazie potransferowej (pierwsze próby, uruchomienia i zwalnianie jakościowe narzędzi do regularnej produkcji).

6. PODSUMOWANIE

W świetle przedstawionych wyników wdrożenia potwierdziła się teza o skuteczności systemu kompleksowego utrzymania ruchu w obniżaniu poziomu awarii, a przez to o zwiększaniu dostępności wyposażenia produkcyjnego.

Biorąc pod uwagę specyficzne warunki lokalne, jak wielkość organizacji oraz różnorodność maszyn i narzędzi (wersje i technologie), uzyskanie wymiernych efektów na poziomie całych wydziałów zajęło kilka lat. Oczywiście pojedyncze usprawnienia były widoczne w okresie kilkutygodniowym na poziomie konkretnej maszyny dzięki podejściu *kaizen*.

Fundamentalne znaczenie miało odpowiednie zbieranie danych, które umożliwiło wyznaczenie poziomu strat, a przez to określenie okna możliwości dla szeroko rozumianej prewencji, w dłuższej zaś perspektywie uzyskanie poprawy.

Zakłóceniem okazała się polityka firmy w zakresie wydawania środków pieniężnych na prewencję oraz niektóre przepisy procedury transferowej (przeniesienia produkcji do nowego miejsca), które nie zapewniały wiedzy o stanie technicznym wyposażenia i częściach krytycznych, szczególnie tych szybko rotujących.

Obecność innych, uprzednio wdrożonych koncepcji usprawniania (wersja *lean six sigma*, 5S, *kaizen*) ułatwiła początek wdrożenia strategii TPM z uwagi na dostępność danych, zrozumienie pojęcia straty i jej pomiaru oraz rozwiniętej kultury zarządzania wizualnego.

LITERATURA

- Suzuki, T. (1992). *TPM in proces industries*. Portland: Productivity Press.
- Borris, S. (2006). *Total Productive Maintenance – proven strategies and techniques to keep equipment running at peak efficiency*. New York: McGraw-Hill.
- Almeanazel, O.T.R. (2010). Total Productive Maintenance review and overall equipment effectiveness measurement. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 4, 4, 517-522.
- Chlebus, E., Helman, J., Rosienkiewicz, M., Stefaniak P. (2014). Standaryzacja przeprowadzania napraw jako etap wdrożenia Total Productive Maintenance w przemyśle wydobywczym. In: *XVIII Konferencja „Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji”*, 2, 11.
- Fore, S., Zuze, L. (2010). Improvement of overall equipment effectiveness through total productive maintenance. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 4, 1, 85-93.
- Furman, J. (2014). Wdrażanie wybranych narzędzi koncepcji *lean manufacturing* w przedsiębiorstwie produkcyjnym. *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, 1, 247-256.
- Gupta, S., Telari, P.C., Dharma, A.K. (2005). TPM concept and implementation approach. Pobrano z <https://www.researchgate.net/publication/228555378> (15.11.2016).
- Hardej, F., Yusof, S.M. (2011). Continuous improvement through an integrated maintenance model. *Contemporary Engineering Sciences*, 4, 8, 353-362.
- Jain, A., Bhatti, R., Singh, H. (2014). *Total productive maintenance (TPM) implementation practice. A literature review and directions*. Pobrano z <https://www.researchgate.net/publication/265969860> (15.11.2016).
- Katkamwar, S.G., Wadkar, S.K., Paropate, R.V. (2013). Study of Total Productive Maintenance & its implementing approach in spinning industries. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 4 (5), 1750-1754.
- Kedar, A.P., Borikar, V.N. (2016). Critical success factors for effective implementation of TQM & TPM. *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 2 (09), 160-164.
- Kocher G., Kumar R., Singh A., Dhillon S.S. (2012). An approach for Total Productive Maintenance and factors affecting its implementation in manufacturing environment. *International Journal on Emerging Technologies*, 3 (1), 41-47.

- Kumar, N., Kumar, D. (2016). Implementation of Total Productive Maintenance Pillar (autonomous maintenance & kobetsu kaizen) for improvement – a case study in bottling plant. *International Journal of Enhanced Research in Science, Technology & Engineering*, 5, 7, 132-137.
- Madanhire, I., Mbohwa, Ch. (2015). Implementing successful Total Productive Maintenance (TPM) in a manufacturing plant. In: *Proceedings of the World Congress on Engineering*, 2.
- Marks, N., Wiwatowski, J. (2013). Zastosowanie system Total Productive Management do racjonalizacji gospodarki cieplnej w browarze. *Inżynieria Rolnicza*, 3 (145), 1, 243-253.
- Minh, N.D. (2011). Practical application of total productive maintenance in Japanese industrial manufacturing plants. *VNU Journal of Science, Economics and Business*, 27 (5E), 51-63.
- Ohunakin, O.S., Leramo, R.O. (2012). Total Productive Maintenance implementation in a beverage industry: a case study. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 7 (2), 128-133.
- Pomorski, R.T. (2004). *Total Productive Maintenance (TPM) – concepts and literature review*. Brooks Automation, 1-110.
- Sayed, M.M.A. (2015). Impact of Total Productive Maintenance methodology on the performance. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 04, 10, 34-37.
- Sharma, S.K., Jain, A., Jain, R.K., (2012). Total Productive Maintenance of a thermal system (steam power plant). *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 2, 3, 72-79.
- Stecula, K., Brodny, J. (2016). The role of meaning of effective use of equipment in the enterprises from the mining sector. Pobrano z <https://www.researchgate.net/publication/305443083> (15.11.2016).
- Thomas, A.J., Jones, G.R., Vidales, P. (2006). An integrated approach to TPM and six sigma development in the castings industry. Pobrano z <https://www.researchgate.net/publication/266395277> (15.11.2016).
- Thota, R., Dwivedi, N.S. (2006). *Total Productive Maintenance in lean manufacturing*. In: *Proceedings of the 2006 ASEE Gulf-Southwest Annual Conference, session F2C1*.
- Ogólnopolskie Badanie Służb Utrzymania Ruchu (2013), *Służby Utrzymania Ruchu*. Poznań: FORUM Press.

ANALYSIS OF THE LEVEL OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM) ON EXAMPLE OF ELECTROTECHNICAL INDUSTRY

Summary

This paper presents a substantial results of the concept of Total Productive Maintenance in one of production sites in Poland, which is a subsidiary of an international corporation operating in the electronic industry. The aim of the study was to confirm the common benefits derived from the TPM program, but at the level of the whole plant, which was a com-

plex task for this case study because of the variety and quantity of production equipment utilized. The data collected over the last few years were analyzed, and the result confirms not only the validity of the bet thesis about the effectiveness of TPM to reduce the level of breakdowns but also gives recommendations for the further development of the improvement initiative in this company and guidance to the board. The article also highlights the effect of interaction between TPM and other programs of continuous improvement.

Keywords: Total Productive Maintenance, autonomous maintenance, preventive maintenance, six sigma, lean manufacturing

