

EFEKTYWNOŚĆ SŁUŻB UTRZYMANIA RUCHU JAKO SKŁADOWA EFEKTYWNOŚCI PRZEDSIĘBIORSTWA

Wojciech MAĆZYŃSKI, Taras NAHIRNY

Streszczenie: W pracy wskazano na ścisłą zależność między efektywnością przedsiębiorstwa i efektywnością struktur służb utrzymania ruchu. Przeprowadzono analizę struktur Służb charakterystycznych dla polskich przedsiębiorstw produkcyjnych. Zaproponowano i oszacowano kwantyfikatory do oceny efektywności rozpatrywanych struktur.

Słowa kluczowe: zarządzanie przedsiębiorstwem, struktury utrzymania ruchu, wskaźniki efektywności.

1. Wprowadzenie

W obecnych czasach w przedsiębiorstwach produkcyjnych coraz częściej zastanawiają się jak uniknąć negatywnych skutków kryzysu finansowego. Próbując znaleźć odpowiednie rozwiązanie podejmowane są kroki mające na celu poprawić ogólne wskaźniki przedsiębiorstwa. Wielu managerów stara się tak sterować i zarządzać przedsiębiorstwem, aby koszty wytworzenia produkowanych dóbr były jak najniższe. Aby wynik był jak najbardziej korzystny dla przedsiębiorstwa, szuka się takich obszarów, które mają bezpośredni wpływ na generowanie kosztów związanych z zasobami niezbędnymi do wytworzenia właściwych dóbr przez przedsiębiorstwo. Obecnie istnieje wiele narzędzi, które w skuteczny sposób mogą zredukować koszty do akceptowalnego poziomu w obszarach produkcyjnych i w obszarach wspomagających. Do tych narzędzi zaliczane są takie rozwiązania jak TQM, Lean Manufacturing, Kaizen, Six Sigma, JIT i inne [1-3]. Narzędzia te w sposób pośredni dotyczą również obszaru, któremu w większości przedsiębiorstw w Polsce przydziela się zbyt mało uwagi mianowicie obszaru związanego z utrzymaniem ruchu. Podejmowane działania w tym obszarze są znikome, a oczekiwania wielkie. Wystarczy przytoczyć tutaj jeden przykład z TQM, chodzi o certyfikację systemu zarządzania jakością zgodnym ze standardem ISO/TS 16949:2002 (dla branży samochodowej). W normie ten obszar Służb Utrzymania Ruchu (SUR) sprowadza się zaledwie do następującego zapisu: „Organizacja powinna określić kluczowe wyposażenie procesu, dostarczyć zasoby do obsługi maszyn/wyposażenia oraz opracować skuteczny, zaplanowany system kompleksowej obsługi zapobiegawczej. System ten powinien zawierać co najmniej:

- planowane czynności obsługowe;
- pakowanie i zabezpieczanie wyposażenia, oprzyrządowania i przyrządów pomiarowych;
- dostępność części zamiennych do kluczowego wyposażenia produkcyjnego;
- dokumentowanie, ocenę i doskonalenie obsługi.

Organizacja powinna stosować metody obsługi przewidywanej, aby ciągle doskonalić skuteczność i efektywność wyposażenia produkcyjnego”.

Prowadzi to niestety wyłącznie do pobieżnego sprawdzenia procedur, czy też do zapisu, że wyżej opisany punkt jest realizowany zgodnie z normą. W rzeczywistości kontrola taka przebiega nie dłużej niż 10-15 minut podczas trzydniowego audytu, co stanowi około 1% czasu!

Warto podkreślić, że obszar Utrzymania Ruchu jest ważnym w całym przedsiębiorstwie produkcyjnym i w dużej mierze odpowiada za generowanie kosztów. Sprawne działanie Służb Utrzymania Ruchu to redukcja kosztów nakładów (zasobów) wykorzystanych do osiągnięcia postawionych celów [4, 5]. Z tego powodu sprawność Służb Utrzymania Ruchu jest rzeczą dominującą w przedsiębiorstwie i powinna być pod szczególnym nadzorem. Aby SUR sprawnie działały należy określić ich cele i opisać podstawowe funkcje. Można to zrobić na wiele sposobów, niemniej jednak warto to opisać za pomocą trzech podstawowych praw Służb Utrzymania Ruchu [4]:

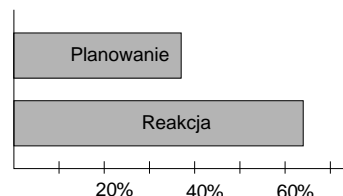
1. prawidłowa obsługa techniczna środków produkcji pozwala na wyprodukowanie dużej ilości wysokojakościowych produktów,
2. nieprawidłowa obsługa techniczna środków produkcji pozwala na wyprodukowanie małej ilości słabej jakości produktów,
3. brak obsługi technicznej środków produkcji nie pozwala na wytwarzanie jakichkolwiek produktów.

Te prawa powinny być wpisane w politykę firmową każdego przedsiębiorstwa.

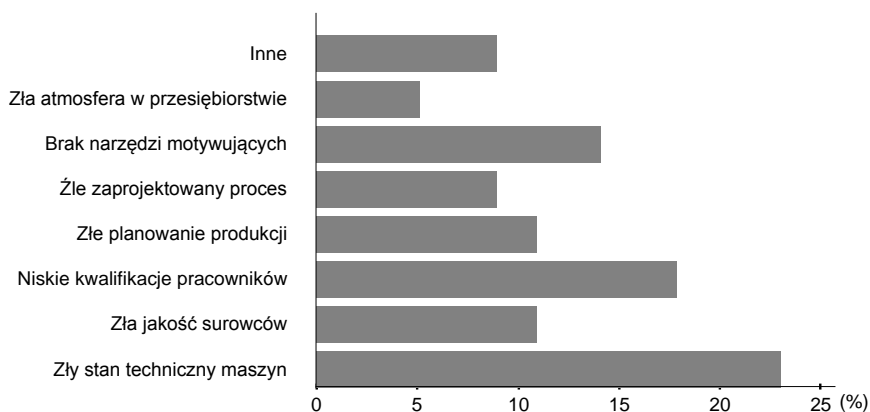
Historia SUR nieodzownie związana jest z rozwojem zakładów przemysłowych. Na początku można było mówić o strategii utrzymania ruchu jako o regule od awarii do awarii. Wraz z pojawieniem się urządzeń wykorzystywanych na przemysłową skalę pojawiła się nowa strategia utrzymania ruchu - polityka remontowa (shutdown maintenance). W tamtych czasach maszyny przemysłowe odznaczały się wysoką zawodnością. Kiedy dochodziło do uszkodzenia zatrzymywano dane urządzenie. Aby uniknąć takich przypadków zaczęto produkować znacznie więcej aniżeli rynek tego oczekiwał, tym samym tworząc zapasy wyrobów gotowych. Gdy tych było wystarczająco wówczas podejmowano decyzje o zatrzymaniu zakładu oraz o naprawie i przebudowie poszczególnych maszyn i urządzeń. Przerwa taka czasami trwała do dwóch miesięcy. Te postoje były pierwszymi przykładami prawdziwej strategii nazywanej jako planowana konserwacja/przegląd (planned maintenance) [6]. Od tamtych czasów niewiele się zmieniło jeżeli chodzi o strategię utrzymania ruchu. W dalszym ciągu dominującą strategią jest od awarii do awarii jak również szeroko stosowana polityka remontowa oparta o kalendarz przeglądów z różną częstotliwością - miesięcznych/kwartalnych/półrocznych/rocznych.

Wyniki przeprowadzonych badań czasu poświęcanego na prace planowane i prace reakcyjne przedstawione zostały na rys.1. Taka sytuacja w sposób bezpośredni ma wpływ na efektywność produkcji. W badaniach tych respondenci wskazali, że główną przyczyną mającą wpływ na redukcję produktywności jest zły stan techniczny maszyn, niskie kwalifikacje pracowników oraz brak narzędzi motywujących (rys.2).

Jak widać Służby Utrzymania Ruchu mają znaczny wpływ na poprawę wyników w obszarze produktywności. Natomiast duży wpływ na poprawę funkcjonowania SUR ma wybór właściwej struktury Służb. Niżej przedstawiono porównanie kilku struktur SUR właściwych dla polskich przedsiębiorstw.



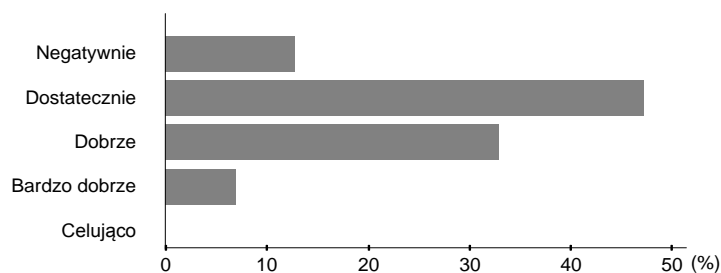
Rys. 1. Stosunek czasu poświęconego na prace planowane i prace reakcyjne



Rys. 2. Przyczyny redukcji produktywności

2. Struktury Służb Utrzymania Ruchu

Wyniki oceny funkcjonowania Służb Utrzymania Ruchu pośród osób zarządzających działami Utrzymania Ruchu przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Ocena Służb Utrzymania Ruchu

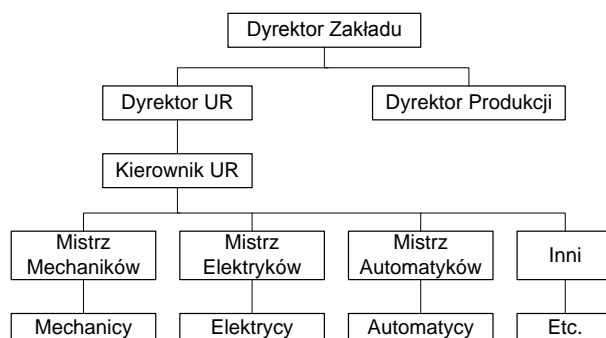
Na pytanie „Czy zamierzasz zmienić strukturę Służb Utrzymania Ruchu?” 87% stwierdziło, że zamierza zmienić obecną strukturę SUR. Warto się zatem przyjrzeć jak wyglądają w dzisiejszych czasach struktury SUR oraz czy są one gotowe do realizacji trzech praw, które to pozwolą na osiągnięcie celów.

Struktury SUR stosowane w polskich przedsiębiorstwach produkcyjnych można podzielić na pięć grup:

1. Struktura Funkcjonalna
2. Struktura Obszarowa
3. Struktura Wewnątrz Produkcji
4. Struktura Funkcjonalno-Obszarowa
5. Struktura Zmianowa

2.1. Struktura Funkcjonalna

Struktura ta jest tradycyjną strukturą SUR, która przeważa w większości przedsiębiorstw.

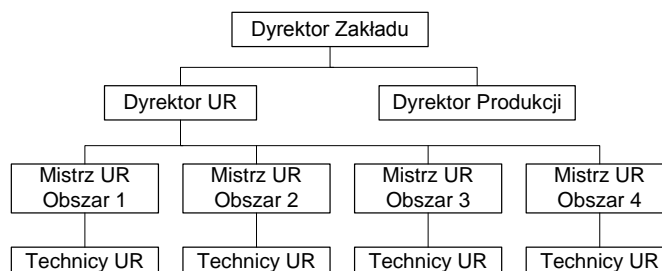


Rys. 4. Funkcjonalna struktura SUR

Struktura charakteryzuje się tym, że wewnątrz jednego działu są tworzone pod-wydziały, które stanowią hermetyczną zamkniętą organizację. Pracownicy poszczególnych pod-wydziałów działają w całej organizacji często dublując swoje czynności. Główną zaletą takiej struktury jest wystarczająca liczba techników do wykonania wszystkich zadań obsługi technicznej. Taka sytuacja charakteryzuje się wysoką elastycznością rozlokowania pracowników do pojawiających się prac. Dodatkowym czynnikiem świadczącym na korzyść takiej struktury jest dyscyplina budżetowa, jasne przypisanie kosztów do poszczególnych pod-wydziałów nad którą czuwają osoby odpowiedzialne za poszczególne obszary funkcjonalne. Niestety plusem struktury funkcjonalnej są przysłonięte większą ilością minusów, które oddziałują na efektywność całego wydziału SUR. Brak jednoznacznej odpowiedzialności za prowadzone działania, długie czasy reakcji oraz zjawisko „psychologii” to jedne z najważniejszych negatywów wynikających z takiej struktury. Zjawisko „psychologii” najczęściej objawia się w sytuacjach reakcyjnych. W momencie pojawienia się zdarzenia awaryjnego na obszarze produkcji czas od zgłoszenia do podjęcia odpowiednich działań ciągnie się w nieskończoność. Dodatkowym argumentem działającym na niekorzyść struktury funkcjonalnej jest brak wykonywanych przeglądów prewencyjnych. W dużej mierze jest to skutek synchronizacji poszczególnych pod-wydziałów jak również brak odpowiedzialności za poszczególne środki produkcji.

2.2. Struktura Obszarowa

Struktura ta jest zmodyfikowaną strukturą funkcjonalną. W tej strukturze nie ma wyraźnych obszarów funkcjonalnych technicznych wynikających z kwalifikacji poszczególnych pracowników (rys. 5).

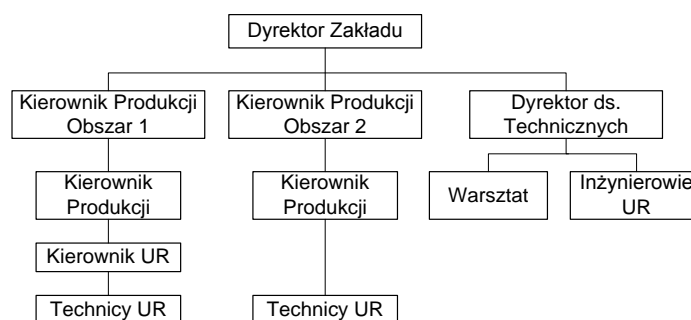


Rys. 5. Obszarowa struktura SUR

Struktura obszarowa charakteryzuje się tym, że pracownicy SUR są podzieleni wewnątrz zakładu na mniejsze zespoły i przypisani do poszczególnych obszarów operacyjnych. Jedną z ważniejszych zmian jaka występuje to zmiana nazw stanowisk wewnątrz struktury. W miejsce tradycyjnych nazw „Mechanik” wchodzi nazwa „Technik UR”. To pozwala na eliminowanie zjawiska dominującego w poprzedniej strukturze, czyli tzw. psychologii. Pomimo wprowadzanych zmian w dalszym ciągu istnieje wiele minusów takiej struktury. Dominującym mankamentem jest mała elastyczność wykorzystania techników w poszczególnych obszarach. Częstym zjawiskiem jest nierównomierne wykorzystanie poszczególnych techników, a to wpływa na niską efektywność całego wydziału SUR.

2.3. Struktura Wewnątrz Produkcji

Technicy UR, często nazywani jako Mechanicy Liniowi, są ulokowani bezpośrednio na produkcji w poszczególnych wydziałach produkcyjnych.



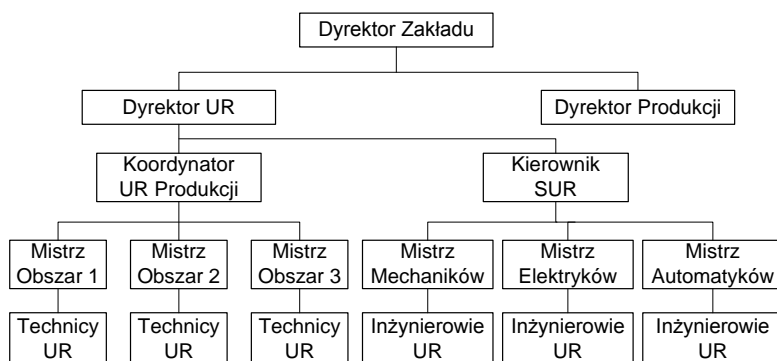
Rys. 6. Struktura Wewnątrz Produkcji SUR

Dużym plusem takiej struktury jest ściśle przypisanie techników do danego obszaru co pozwala na wyspecjalizowanie się w danej specyfice urządzeń. Jednak to co jest plusem z punktu widzenia danego obszaru jest minusem ze strategicznego punktu widzenia z powodu małej elastyczności wykorzystania techników UR. W strukturze takiej łatwiej o przeciążenie lub niedociągnięcie poszczególnych grup techników UR w danym obszarze. W

przypadku dużych prac, jakie trzeba wykonać na obiekcie, poszczególne grupy techników są wspomagane przez warsztat UR oraz inżynierów UR. Obszar warsztatu i inżynierów SUR w dużej mierze dubluje prace jakie wykonują technicy wewnątrz poszczególnych obszarów produkcyjnych.

2.4. Struktura Funkcjonalno-Obszarowa

Jest ona połączeniem wszystkich wyżej wymienionych struktur. W strukturze tej widoczne są rozwiązania wynikające ze struktury obszarowej, czyli podział techników utrzymania ruchu na obszary produkcyjne (rys. 7). Podział funkcjonalny obowiązuje po stronie specjalistów utrzymania ruchu. Inżynierowie zgrupowani są w typowe grupy funkcjonalne, których zadaniem jest doskonalenie programów profilaktycznych jak i wsparcie w przeprowadzaniu remontów poszczególnych obiektów technicznych. Strukturę tą wyróżnia fakt przynależności pod jeden organ zarządczy.



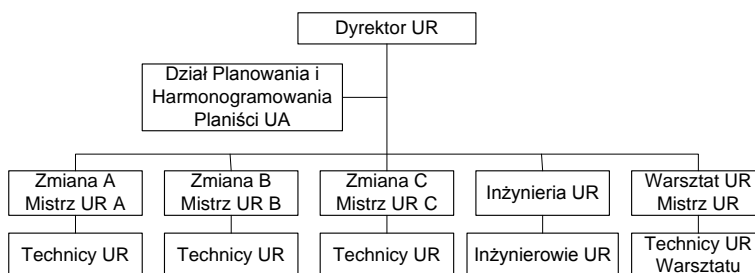
Rys. 7. Struktura Funkcjonalno-Obszarowa SUR

Pozytywne aspekty takiej struktury są takie same jak w strukturze obszarowej i funkcjonalnej. Struktura taka nie jest pozbawiona słabych stron, do których można zaliczyć:

- brak odpowiedzialności za przeglądy profilaktyczne ze strony inżynierów utrzymania ruchu,
- wykorzystywanie techników utrzymania ruchu do innych prac aniżeli tych z zakresu obsługi technicznej,
- dublowanie niektórych zadań przez inżynierów jak i techników utrzymania ruchu,
- konflikty na linii inżynierowie technicy, często występujące w momentach pojawiania się zdarzeń awaryjnych,
- dublowanie części zamiennych ze względu na budowanie zapasów w poszczególnych obszarach.

2.5. Struktura Zmianowa

Struktura ta charakteryzuje się tym, że brakuje tutaj widocznego rozgraniczenia obszarowego jak i funkcjonalnego. Taka zmiana pozwala na lepszą kontrolę podległych pracowników jak również zapobiega nadmiernemu wzrostowi zatrudnienia.



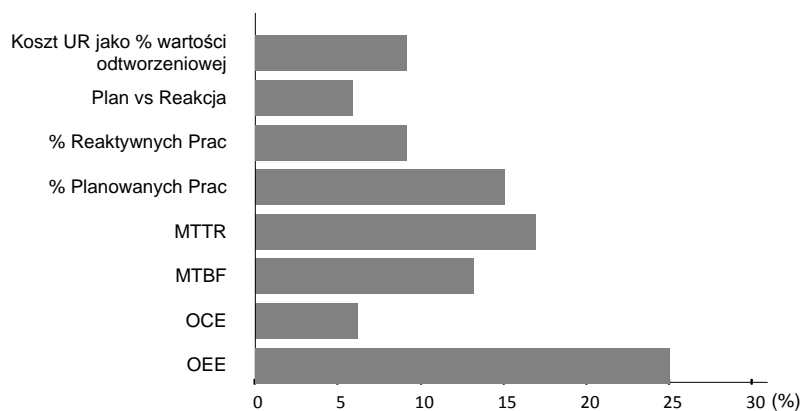
Rys. 8. Struktura Zmianowa SUR

Struktura podzielona jest na trzy lub cztery zmiany w zależności od systemu pracy. Zespół każdej brygady złożony z techników i inżynierów utrzymania ruchu różnych specjalności. Dział Inżynieria UR składa się z inżynierów wsparcia technicznego dla poszczególnych obszarów przedsiębiorstwa. Inżynierowie są odpowiedzialni za analizy niezawodnościowe oraz opracowywanie i ocenianie nowych udoskonaleń, projektów inwestycyjnych. Warsztat UR jest jak w wyżej opisanych niektórych strukturach obszarem wykonującym prace remontowe podzespołów, regeneracje poszczególnych komponentów oraz produkcje części zamiennych. Takie rozwiązanie pozwala na obniżenie kosztów w obszarze utrzymania ruchu nawet o 40%. Jest to związane z tym, że pewne prace, których nie można samodzielnie wykonać wewnątrz zakładu (ze względu na brak warsztatu) są zlecane na zewnątrz, czyli stosowany jest outsourcing i tym samym wzrastają koszty wykonania tychże prac przez podmioty zewnętrzne. Wyróżnia tę strukturę od pozostałych dział planowania i harmonogramowania prac utrzymania ruchu. Wówczas wzrasta efektywność wykorzystania zasobów, a tym samym redukcja kosztów utrzymania ruchu.

Jak widać z powyżej przedstawionych struktur każda z nich ma swoje mocne jak i słabe strony. Chcąc dokonać oceny poszczególnej struktury należy wprowadzić takie kwantyfikatory, które umożliwią w obiektywny sposób dokonać pomiaru każdej ze struktur.

3. Analiza Struktur Służb Utrzymania Ruchu

W prowadzonych badaniach przeszło 82% przedsiębiorstw mierzy efektywność SUR. Kwantyfikatory używane do pomiaru SUR są przedstawiane w postaci wskaźników. Procentowy udział wskaźników, stosowanych w Polskich przedsiębiorstwach, przedstawia rysunek 9.



Rys. 9. Wskaźniki używane do oceny SUR

Jak widać najczęściej używanymi wskaźnikami są wskaźniki opisane normą EN15341 - *OEE*, *MTTR* oraz procent Planowanych Prac. Faktem jest to, że wskaźnik, który dedykowany jest do oceny efektywności techników utrzymania ruchu (*OCE* - Overall Craft Effectiveness) jest dosyć sporadycznie stosowany. Może to wynikać z faktu, że niewiele przedsiębiorstw zna ten wskaźnik i wie jak go należy liczyć.

Na podstawie wyżej wymienionego do oceny poszczególnych struktur SUR można wybrać wskaźniki: *OCE*, *MTBF*, *MTTR*.

3.1. OCE

Wskaźnik *OCE* jest iloczynem trzech składowych: *CU* - Craft Utilization (Wykorzystanie Techników), *CP* - Craft Performance (Efektywność Techników) oraz *CSQ* - Craft Service Quality (Jakość Usług Techników) [7, 8]. Składowe tego wskaźnika zestawiono w tabeli 1. W tabeli tej zawarto również składowe wskaźnika *OEE*.

Tab. 1. Składowe wskaźników *OEE* i *OCE*.

Elementy <i>OEE</i> i <i>OCE</i>	<i>OCE</i>	<i>OEE</i>
Skuteczność	Wykorzystanie technika UE <i>CU</i>	Dostępność Maszyny <i>A</i>
Efektywność	Efektywność technika UE <i>CP</i>	Efektywność maszyny <i>CU</i>
Jakość	Jakość usługi technika UR <i>CSQ</i>	Jakość maszyny <i>Q</i>

Zakładając dane hipotetyczne przedstawiona zostanie metodologia liczenia wskaźnika *OCE*:

- SUR składa się z 25 osobowego zespołu Techników UR, którzy mają po 26 dni urlopu do wykorzystania i nie ma zwolnień chorobowych,
- w roku 2011 było do przepracowania 253 dni.

Uważamy, że wszystkie prace Techników UR są poprzedzane zleceniami pracy. W związku z tym rozróżnia się dwie grupy prac:

- planowane (*PM, PdM, CM, IM, FM*)
- nieplanowane (*EM*)

Podsumowując wszystkie dane otrzymujemy:

- czas dysponowany i płatny (t_{dp}): 45 400 godzin,
- czas zaplanowany na wykonanie zadań z grupy planowane (t_{cz}): 16700 godzin,
- czas przepracowany na zadania planowane ($t_{przepr.p}$): 21 627,50 godzin,
- czas przepracowany na zadania nieplanowane ($t_{przepr.n}$): 23 772,5 godzin,
- średnia awaryjność w roku (N): 7,5%.

Do poszczególnych składowych wskaźnika *OCE* stosujemy wzory [7]:

$$CU = t_{przepr.p} / t_{dp} \cdot 100\% , \quad (1)$$

$$CP = t_{cz} / t_{przepr.p} \cdot 100\% , \quad (2)$$

$$CSQ = (100 - N)\% . \quad (3)$$

Należy zaznaczyć, że składowa *CSQ* obliczana jest na podstawie założenia, że współczynnik awaryjności odpowiada jakości świadczonych usług przez techników UR. Nie uwzględniamy tutaj zadań nieplanowanych mimo tego, że poświęciliśmy czas na te prace).

W wyniku dla wskaźnika *OCE* otrzymujemy $OCE = 34.01\%$. Poniżej przedstawiona jest tabela z benchmarkowymi poziomami *OCE*.

Tab. 2. Benchmarkowe poziomy wskaźnika *OCE*.

Składowe <i>OCE</i>	Zakres wartości składowych <i>OCE</i>		
	Niski	Średni	Wysoki
1. Craft Utilization CU	30 %	50 %	70 %
2. Craft Performance CP	> 80 %	90 %	95 %
3. Craft Service Quality CSQ	> 90 %	95 %	98 %
<i>OCE</i>	22 %	43 %	65 %

3.2. MTBF/MTTR

Średni czas pomiędzy uszkodzeniami (Mean Time Between Failure – *MTBF*) jest jednym z podstawowych wskaźników niezawodności systemów [9, 10]. Czas ten jest uśredniony a jego wartość wynika z obliczeń na bazie danych statystycznych. Z powodzeniem dla jego obliczenia można stosować metodę Monte Carlo [11].

Średni czas naprawy (Mean Time To Repair – *MTTR*) z powodzeniem może być wykorzystywany do oceny pracowników UR jak i oceny efektywności prowadzonych zadań naprawczych przez pracowników UR. Niestety nie wszystkie przedsiębiorstwa liczą te wskaźniki, a często nie wiedzą jak je należy liczyć.

Chcąc obliczyć wskaźnik *MTBF* należy odnieść się do zależności czasowych jakie występują w obszarze działań utrzymania ruchu. Każdy obiekt funkcjonuje od uszkodzenia do uszkodzenia. Średni Czas Pomiędzy Uszkodzeniami jest sumą Średniego Czasu Naprawy oraz Średniego Czasu do Uszkodzenia

$$MTBF = MTTR + MTTF . \quad (4)$$

Dla poszczególnych składników przyjmujemy

$$MTTR = t_N / n , \quad (5)$$

$$MTTF = (t_{db} - t_N) / n , \quad (6)$$

gdzie t_N – czas niezdatności (czas, który został skonsumowany na nieplanowane przestoje związane z obsługą techniczną),

t_{db} – czas dostępności brutto (czas, który planowany jest do produkcji na danym obiekcie technicznym. Odlicza się wszystkie planowane przeglądy obsługi technicznej),

n – liczba zdarzeń naprawczych (w praktyce jest to liczba Zleceń Naprawczych).

Z przeprowadzonych obserwacji i badań w różnych zakładach przemysłowych można określić poszczególne zakresy wyżej wymienionych wskaźników do oceny struktur SUR. Należy podkreślić, że nie wszystkie zakłady zbierają dane w tym obszarze. W wielu przypadkach granice te były określane na podstawie prowadzonych rozmów i podawanych przybliżonych wartości dla poszczególnych obszarów. Niżej przedstawiono tabelę z przybliżonymi danymi poszczególnych wskaźników dla wyżej wymienionych struktur.

Tab. 2. Wartości wskaźników *OCE*, *MTBF*, *MTTR* dla typowych struktur SUR.

	Struktura 1	Struktura 2	Struktura 3	Struktura 4	Struktura 5
<i>OCE</i> [%]	n/a	10-12	10	15-20	35-45
<i>MTBF</i> [tygodnie]	< 1	< 1	1- 1,5	1 - 2	> 4
<i>MTTR</i> [godz.]	3 - 5	2 - 3	2 - 3	1 - 2	< 1

4. Wnioski

Z powyższych rozważań wynika, że najbardziej efektywną strukturą jest struktura 5, czyli Zmianowa. Wynika to między innymi z osiągniętych wskaźników zamieszczonych w tabeli 2. Należy zwrócić uwagę, że skuteczność struktury bezpośrednio powiązana z posiadaniem Działu Planowania i Harmonogramowania. Właśnie ten dział w dużej mierze wpływa na wskaźnik OCE ponieważ wszystkie działania nieplanowane w sposób drastyczny obniżają osiągnięty poziom wartości wskaźnika.

Nie można jednak na podstawie rozpatrywanych wskaźników jednoznacznie stwierdzić optymalność tej czy innej struktury. Spowodowano to jest tym, że nie we wszystkich przedsiębiorstwach w sposób rzetelny są zbierane dane z zakresu funkcjonowania służb utrzymania ruchu.

Uwzględniając powyższe uwagi należałoby znaleźć taką metodę, która byłaby uniwersalną metodyką możliwą do zastosowania w każdej strukturze oraz branży. Taka metoda może bazować na analizie sieciowej, optymalizacji wielokryterialnej, sieciach Petri.

Literatura

1. Pande P.S., Neuman R.P., Cavanaugh R.R.: The six sigma way. McGraw-Hill, New York, 2002.
2. Brillman J.: Nowoczesne koncepcje i metody zarządzania. PWE, Warszawa, 2002.
3. Perechuda K.: Metody zarządzania przedsiębiorstwem. Akademia Ekonomiczna, Wrocław, 1999.
4. Legutko S.: Trendy rozwoju utrzymania ruchu urządzeń i maszyn. Eksploatacja i Niezawodność, nr.2, 2009, 8-16.
5. Mączyński W.: System kompleksowej obsługi zapobiegawczej – dla audytora czy przedsiębiorstwa?. www.esur24.pl
6. Kister T. C., Hawkins B.: Maintenance Planning and Scheduling Handbook: streamline your organization for a lean environment. Elsevier B.-H., 2006.
7. Peters R. W. Maintenance Benchmarking and Best Practices: A Profit- and Customer-Centered Approach. McGraw-Hill, New York, 2006.
8. Mączyński W.: Wskaźnik Efektywności Techników UR. www.esur24.pl.
9. Migdalski J.: Inżynieria niezawodności. Poradnik. ZETOM, Warszawa, 1992.
10. Ireson W. G., Coombs Jr. C. F., Moss R.J.: Handbook of Reliability Engineering and Management. McGraw-Hill, New-York, 1996.
11. Zieliński R.: Metody Monte Carlo. WNT, Warszawa, 1970.

Inż. Wojciech MĄCZYŃSKI
WOMA Solution
67-100 Nowa Sól, ul. Arkadia 8
tel.: +48 68 41 41 582
fax.: +48 68 41 41 583
e-mail: wojtek.maczynski@womasolution24.com

Prof. dr hab. Taras NAHIRNY
Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją
Uniwersytet Zielonogórski
65-516 Zielona Góra, ul. Szafrana 4
tel.: +48 68 32 87 846
e-mail: T.Nahirny@iizp.uz.zgora.pl